

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



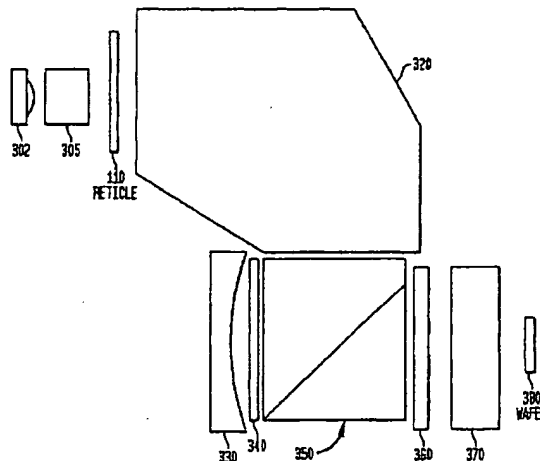
(43) International Publication Date
1 November 2001 (01.11.2001)

PCT

(10) International Publication Number
WO 01/81977 A2

- (51) International Patent Classification⁷: G02B 27/00
- (21) International Application Number: PCT/US01/13142
- (22) International Filing Date: 25 April 2001 (25.04.2001)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
60/199,381 25 April 2000 (25.04.2000) US
- (71) Applicant: SILICON VALLEY GROUP, INC. [US/US];
Suite 400, 101 Metro Drive, San Jose, CA 95110 (US).
- (72) Inventor: KREUZER, Justin, L.; 7 Brandy Lane, Trumbull, CT 06611-2143 (US).
- (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:
— without international search report and to be republished upon receipt of that report
- (74) Agents: RAY, Michael, B. et al.; Sterne, Kessler, Goldstein & Fox P.L.L.C., Suite 600, 1100 New York Avenue, Washington, DC 20005-3934 (US).
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: OPTICAL REDUCTION SYSTEM WITH CONTROL OF ILLUMINATION POLARIZATION



(57) Abstract: An optical reduction system with polarization dose sensitive output for use in the photolithographic manufacture of semiconductor devices having variable compensation for reticle retardation before the long conjugate end. The variable compensation component(s) before the reticle provides accurate adjustment of the polarization state at or near the reticle. The variable compensation components can be variable wave plates, layered wave plates, opposing mirrors, a Berek's compensator and/or a Soleil-Babinet compensator. The catadioptric optical reduction system provides a relatively high numerical aperture of 0.7 capable of patterning features smaller than 0.25 microns over a 26 mm x 5 mm field. The optical reduction system is thereby well adapted to a step and scan microlithographic exposure tool as used in semiconductor manufacturing. Several other embodiments combine elements of different refracting power to widen the spectral bandwidth which can be achieved.

WO 01/81977 A2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2003-532281

(P2003-532281A)

(43) 公表日 平成15年10月28日 (2003.10.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 2 B 5/30	2 H 0 4 9
G 0 2 B 5/30		17/08	A 2 H 0 8 7
17/08		27/18	Z 5 F 0 4 6
27/18		27/28	Z
27/28		G 0 3 F 7/22	H

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 72 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-579010(P2001-579010)
(86) (22) 出願日 平成13年4月25日 (2001.4.25)
(85) 翻訳文提出日 平成13年12月25日 (2001.12.25)
(86) 国際出願番号 PCT/US 01/13142
(87) 国際公開番号 WO 01/081977
(87) 国際公開日 平成13年11月1日 (2001.11.1)
(31) 優先権主張番号 60/199,381
(32) 優先日 平成12年4月25日 (2000.4.25)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 エーエスエムエル ユーエス、インコーポ
レイテッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95110,
サン ノゼ, メトロ ドライブ 101,
スイート 400

(72) 発明者 クレウザー, ジャスティン . エル.
アメリカ合衆国 コネチカット 06611-
2143, トランブル, ブランディー レ
ーン 7

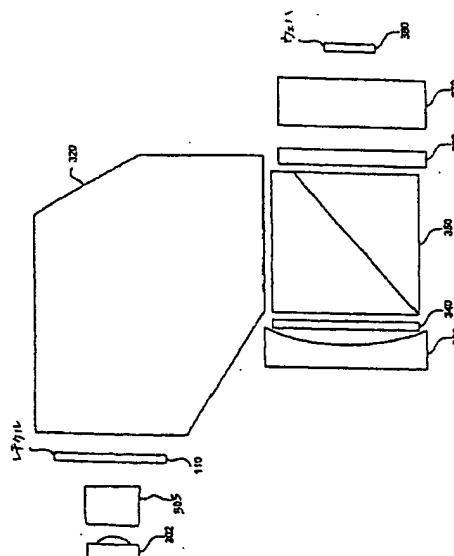
(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明偏光の制御を備えた光学縮小システム

(57) 【要約】

偏光を備えた光学縮小システムは、長共役端部の前で、
レチクルリタデーションの可変補償を有する半導体デバ
イスのフォトリソグラフィ製造において用いるためにセ
ンシティブな出力を行う。レチクルの前にある可変補償
構成要素 (複数) は、レチクルにおいてまたはレチクル
近傍において偏光状態の正確な調節を提供する。可変補
償構成要素は、可変波長板、層状波長板、対向ミラー、
ベレークの補償器および/またはソレイユーバビネ補償
器であり得る。カタディオプトリックシステムは、26
mm×5mmの視野にわたって0.25ミクロンよりも
小さな特徴部をパターンニングすることが可能な、0.7
の比較的高い開口数を提供する。光学縮小システムは、
それにより、半導体製造において使用されるステップお
よびスキャンマイクロフォトリソグラフィ露光ツール
に良好に適合される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 フォトリソグラフィツールにおける物体空間開口数を有する光学縮小システムであって、

可変波長偏光差を提供する偏光補償器と、

投影された画像を移す物体であって、該偏光補償器が提供する該偏光差は、該物体から投影された光を変化させる、物体と

を備える、光学縮小システム。

【請求項 2】 前記物体空間開口数よりも大きな入射開口数を備えた負の出力を有する第 1 のレンズと、

該第 1 のレンズから入射する光を分離するビームスプリッターと、

凹面ミラーと、

正の出力を有する第 2 のレンズと

をさらに備え、前記偏光補償器は、該第 1 のレンズによって受け取られた光を偏光させ、該第 1 のレンズの該負の出力は、無限遠において前記システムの入射瞳を該ミラーにおけるまたは該ミラーの近傍のアパーチャストップへ結像するのに十分な出力を提供し、該第 2 のレンズの該正の出力は、該システムの出力の実質的に全てを提供し、かつ該システムの出射瞳を無限遠へと結像する、請求項 1 に記載の光学縮小システム。

【請求項 3】 長共役端部から短共役端部の光学縮小システムであって、

可変波長板と、

レチクルであって、該可変波長板は楕円偏光を提供し、該レチクルは直線偏光を提供する、レチクルと、

入射開口数を有する正の出力の第 1 のレンズ群と、

負の出力の第 2 のレンズ群であって、該第 2 のレンズ群は、第 1 のレンズ群から隔てられ、該第 1 のレンズ群の該入射開口数よりも大きな出射開口数を有する、第 2 のレンズ群と、

ビームスプリッターと、

1/4 波長板と、

凹面ミラーと、

正の出力の第3のレンズ群と

を備え、該第1のレンズ群の該正の出力は、無限遠において該システムの入射瞳を該第2のレンズ群を通して該ミラーにおけるまたは該ミラーの近傍におけるアパーチャストップへ結像するの十分な出力を提供し、該第2のレンズ群の該負の出力は、該凹面ミラーに必要な共役を提供し、該第3のレンズ群の該正の出力は、システム全体の出力の残りを提供し、該システムの出射瞳を無限遠に結像する、光学縮小システム。

【請求項4】 前記波長板はベレークの補償器である、請求項3に記載の光学縮小システム。

【請求項5】 前記波長板はソレイユーバビネ補償器である、請求項3に記載の光学縮小システム。

【請求項6】 前記ビームスプリッターと前記凹面ミラーとの間に配置される第1の1/4波長板をさらに備える、請求項4に記載の光学縮小システム。

【請求項7】 前記ビームスプリッターと前記第3のレンズ群との間に配置される第2の1/4波長板をさらに備える、請求項6に記載の光学縮小システム。

。 【請求項8】 長共役端部から短共役端部の光学縮小システムであって、
可変波長板と、
レチクルと、
正の出力の第1のレンズ群と、
負の出力の第2のレンズ群と、
ビームスプリッターと、
第1の1/4波長板と、
凹面ミラーと、
正の出力の第3のレンズ群と
を備え、該第1のレンズ群は、
少なくとも1つの正の出力のレンズと、
実質的に0の出力の第1のレンズと、
第1のデュプレットと

を含み、該実質的に0の出力の第1のレンズおよび該第1のデュプレットは、非点収差のような収差、視野曲率、歪みを補正するのを助け、

該第2のレンズ群は、

少なくとも1つの負の出力のレンズと、

正のレンズと、

第2のデュプレットと

を含み、該少なくとも1つの負の出力のレンズは、該ビームスプリッターおよび該ミラーに発散ビームを提供し、該正のレンズは、横方向の色補正を提供し、該第2のデュプレットは、球面収差およびコマ収差を補正するのを助け、

該第1のレンズ群の該正の出力は、無限遠において該システムの入射瞳を、該第2のレンズ群を介して該ミラーにおけるまたは該ミラー近傍のアパーチャストップへと結像するのに十分な出力を提供し、該第2のレンズ群の該負の出力は、該凹面ミラーに必要な共役を提供し、該第3のレンズ群の該正の出力は、システム全体の出力の残りを提供し、該システムの出射瞳を無限遠に結像する、光学縮小システム。

【請求項9】 前記ビームスプリッターと前記第3のレンズ群との間に配置される第2の1/4波長板をさらに備える、請求項8に記載の光学縮小システム。

【請求項10】 以下のデータによる構成を有する、請求項9に記載の光学縮小システム。

【表1】

表1

エレメント 名前	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	アパチャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
可変 波長板	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
レチクル	無限遠		63.3853			
第1の レンズ群内 のレンズ	-158.7745	-177.8880	15.0000	124.0478	131.7725	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	-556.6911	-202.0072	22.2126	148.3881	152.5669	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	-183.7199	-558.8803	15.0000	156.5546	166.5750	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	427.2527	-612.2450	28.8010	177.4010	179.0292	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	-240.4810	2050.9592	-33.3135	188.4055	185.3395	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	421.7829	-145.6176	-12.0000	175.5823	169.0234	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	-150.4759	472.0633	-46.5091	171.4244	169.9587	シリカ

(表1のつぎ)

第2の レンズ群内 のレンズ	-1472.2790	-138.2223	-15.0000	165.3586	154.8084	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	-91.8186	155.6662	253.0917	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠			253.0917		反射
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	91.8186	253.0917	253.0917	シリカ
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	6.0000	185.8693	186.8401	シリカ
凹面 ミラー	非球面		-17.9918	188.0655		反射
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-6.0000	183.5471	180.1419	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	-91.8186	178.3346	149.2832	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	-70.000	149.2832	128.8604	シリカ
第2の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-4.500	127.9681	126.6352	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-175.1330	1737.4442	-17.7754	121.4715	118.2689	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-108.8178	-580.1370	-18.2407	104.5228	97.7967	シリカ

(表1のつぎ)

第3の レンズ群内 のレンズ	-202.2637	-86.6025	-31.1216	91.7061	57.4968	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-122.1235	-488.7122	-17.9476	56.4818	41.1675	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ 548	-160.8506	-360.1907	-6.1500	39.4528	33.5764	シリカ
ウェハ	無限遠			26.5019		

【請求項11】 比較的高い開口数を有する、長共役端部から短共役端部の
光学縮小システムであって、

可変波長板と、

物体面と、

第1のデュプレットと、

第1の正のレンズと、

第2の正のレンズと、

シェルと、

折りたたみ式ミラーと、

第3の正のレンズと、

第1の負のレンズと、

第4の正のレンズと、

第2の負のレンズと、

ビームスプリッター立方と、

第1の1/4波長板と、

凹面ミラーと、

第2の1/4波長板と、

第5の正のレンズと、

第2のデュプレットと、

第6の正のレンズと、

第3のデュプレットと

を備え、該システムに入射する放射が、該可変波長板、該物体面、該第1のデュプレット、該第1の正のレンズ、該第2の正のレンズ、該シェル、該折りたたみ式ミラー、該第3の正のレンズ、該第1の負のレンズ、該第2の負のレンズ、該ビームスプリッター立方、該第1の1/4波長板を通して、該凹面ミラーで反射されて、再度該第1の1/4波長板と該ビームスプリッター立方を通り、該第2の1/4波長板、該第5の正のレンズ、該第2のデュプレット、第6の正のレンズおよび第3のデュプレットを通るように配列される、光学縮小システム。

【請求項12】 前記可変波長板はベレークの補償器である、請求項11に記載の光学縮小システム。

【請求項13】 前記可変波長板はソレイユーバビネ補償器である、請求項11に記載の光学縮小システム。

【請求項14】 以下のデータによる構成を有する、請求項13に記載の光学縮小システム。

【表2】

表 2

エレメント 名前	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	アロチャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
可変 波長板	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
レテクル	無限遠		60.4852			
第1の デフレクト のレンズ	-205.5158	539.1791	15.2158	124.0926	137.3346	シリカ
第1の デフレクト のレンズ	2080.9700	-210.6539	32.4984	142.6149	151.7878	シリカ
第1の 正の レンズ	310.4463	700.3748	40.7304	162.4908	165.2126	CaF ₂
第2の 正の レンズ	634.1820	-798.8523	27.5892	165.4595	166.4747	シリカ
シエレ	1480.0597	1312.1247	25.4322	168.7516	164.7651	シリカ
第3の 正の レンズ	-761.9176	1088.9351	-19.2150	160.3165	159.2384	シリカ
第1の 負の レンズ	648.8361	-202.5872	-12.0000	155.1711	153.0635	CaF ₂
第4の 正の レンズ	-400.4276	458.5060	-25.8769	153.0635	153.8055	シリカ
第2の 負の レンズ	-818.0922	-168.5034	-27.5927	152.6663	147.5200	CaF ₂

(表2のつぎ)

ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-91.7553	148.6158	252.7349	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠			252.7349		反射
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	91.7553	252.7349	252.7349	シリカ
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	6.0000	185.8070	187.0026	シリカ
凹面 ミラー	非球面		-18.1636	188.5681		反射
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-6.0000	184.2566	181.1084	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-91.7553	179.3838	151.7747	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-70.0000	151.7747	133.3985	シリカ
第2の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-4.5000	132.5690	131.3876	シリカ
第5の 正の レンズ	-112.0665	-597.6805	-21.4866	123.4895	119.2442	シリカ
第2の デフレクト のレンズ	-116.3137	282.3140	-24.0940	107.8451	101.2412	CaF ₂
第2の デフレクト のレンズ	282.3140	-66.5293	-13.7306	101.2412	72.6862	シリカ

(表2のつぎ)

第6の 正の レンズ	-77.2627	-374.4800	-17.9594	72.0749	62.7659	シリカ
第3の デュプレット のレンズ	-130.1381	-57.1295	-20.8147	58.9696	37.4889	シリカ
第3の デュプレット のレンズ	-57.1295	-7305.8777	-6.1425	37.4889	34.3156	CaF ₂
ウェハ	無限遠			26.4992		

【請求項15】 比較的高い開口数を有する、長共役端部から短共役端部の
光学縮小システムであって、

可変波長板と、

物体面と、

第1のデュプレットと、

第2のデュプレットと、

第1の正のレンズと、

折りたたみ式ミラーと、

第2の正のレンズと、

第1の負のレンズと、

第3の正のレンズと、

第2の負のレンズと、

ビームスプリッター立方と、

第1の1/4波長板と、

凹面ミラーと、

第2の1/4波長板と、

第4の正のレンズと、

第3のデュプレットと、

第5の正のレンズと、

シェルと、

第6の正のレンズと

を備え、該システムに入射する放射が、該可変波長板、該物体面、該第1のデュプレット、該第2のデュプレット、該第1の正のレンズ、該折りたたみ式ミラー、該第2の正のレンズ、該第1の負のレンズ、該第3の正のレンズ、該第2の負のレンズ、該ビームスプリッター立方、該第1の1/4波長板を通して、該凹面ミラーで反射されて、再度該第1の1/4波長板と該ビームスプリッター立方を通り、該第2の1/4波長板、該第4の正のレンズ、該第3のデュプレット、第5の正のレンズ、該シェルおよび第6の正のレンズを通るように配列される、光学縮小システム。

【請求項16】 前記可変波長板はベレークの補償器である、請求項15に記載の光学縮小システム。

【請求項17】 前記可変波長板はソレイユーバビネ補償器である、請求項15に記載の光学縮小システム。

【請求項18】 以下のデータによる構成を有する、請求項17に記載の光学縮小システム。

【表3】

表3

エレメント 名前	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	P-チャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
可変 波長板	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
レチクル	無限遠		59.2960			
第1の デプレット のレンズ	-620.7809	361.8305	20.2974	125.9406	134.7227	PBM2Y
第1の デプレット のレンズ	515.7935	-455.1015	39.8858	135.3384	145.6015	PBM2Y
第2の デプレット のレンズ	431.3189	-239.4002	36.9329	155.6269	157.3014	BSL7Y
第2の デプレット のレンズ	-259.6013	685.3286	26.3534	156.9363	162.2451	PBM2Y
第1の 正の レンズ	361.5709	-1853.2955	23.3934	168.7516	165.1801	BAL15Y
第2の 正の レンズ	-429.2950	455.4247	-32.3086	173.0235	171.1102	PBL6Y
第1の 負の レンズ	401.0363	-180.0031	-12.0000	159.3555	154.7155	BSL7Y
第3の 正の レンズ	-258.4722	1301.3764	-26.1321	154.7155	154.1517	PBM8Y
第2の 負の レンズ	-1282.8931	-180.2226	-12.0000	153.1461	149.4794	BSL7Y

(表3のつぎ)

ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-91.7349	150.4585	252.6772	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠			252.6772		反射
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	91.7349	252.6772	252.6772	シリカ
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	6.0000	185.6435	186.7758	シリカ
凹面 ミラー	非球面		-18.2715	188.1745		反射
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-6.0000	183.6393	180.1377	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-91.7349	178.3236	147.9888	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-70.0000	147.9888	126.9282	シリカ
第2の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-4.5000	126.0289	124.6750	シリカ
第4の 正の レンズ	-119.8912	-610.6840	-18.6508	117.5305	113.4233	BSM31Y
第3の デフレイト のレンズ	-114.1327	384.9135	-21.1139	102.6172	96.4137	BSL7Y
第3の デフレイト のレンズ	384.9135	-70.2077	-13.0576	96.4137	71.1691	PBL26Y

(表3のつづき)

第5の 正の レンズ	-83.7858	-400.3240	-16.9147	70.5182	61.2633	BSM51Y
ラエル	-151.5235	-54.0114	-19.5810	57.6234	37.3909	BSM51Y
第6の 正の レンズ	-54.0114	-2011.1057	-6.3947	37.3909	34.2119	PBL6Y
ウェハ	無限遠			26.5002		

【請求項19】 比較的高い開口数を有する、長共役端部から短共役端部の光学縮小システムであって、

物体面と、

正の出力の第1のレンズ群と、

負の出力の第2のレンズ群と、

ビームスプリッターと、

凹面ミラーと、

正の出力の第3のレンズ群と、

該物体面の前に配置される可変波長板と、

該ビームスプリッターと該凹面ミラーとの間に配置される第1の1/4波長板と、

該ビームスプリッターと該第3のレンズ群との間に配置される第2の1/4波長板と

を備え、該波長可変板の特性は、該システムに入射する直線偏光した放射を楕円偏光させ、該物体面の特性は、該物体面を離れる楕円偏光した放射を直線偏光させる、光学縮小システム。

【請求項20】 前記可変波長板はベレークの補償器である、請求項19に記載の光学縮小システム。

【請求項21】 前記可変波長板はソレイユーバビネ補償器である、請求項19に記載の光学縮小システム。

【請求項22】 比較的高い開口数を有する、長共役端部から短共役端部の光学縮小システムであって、

可変波長板と、

物体面と、

正の出力の第1のレンズ群と、

負の出力の第2のレンズ群であって、該第1のレンズ群および該第2のレンズ群は正味の出力を有する、第2のレンズ群と、

ビームスプリッターであって、該第1のレンズ群および該第2のレンズ群の正味の出力により、該第1のレンズ群および該第2のレンズ群から該ビームスプリッターに非平行ビームで入ってくる、ビームスプリッターと、

第1の1/4波長板と、

凹面ミラーであって、該第1のレンズ群および該第2のレンズ群の正味の出力が、無限遠において該システムの入射瞳を該凹面ミラーにおけるまたは該凹面ミラー近傍のアパーチャストップへと結像するのに十分な出力のみを提供する、凹面ミラーと、

第2の1/4波長板と、

正の出力の第3のレンズ群と

を備え、該システムに入射する放射が、該第1のレンズ群、該第2のレンズ群、該ビームスプリッターを通過して、該凹面ミラーで反射されて再度該ビームスプリッターを通過し、該第3のレンズ群を通過するように配列される、光学縮小システム

。

【請求項23】 前記波長可変板は、該波長可変板の特性は、直線偏光を楕円偏光させ、前記物体面の特性は、該物体面を離れる楕円偏光を直線偏光させるように入射光の方向に合わせられる、請求項22に記載の光学縮小システム。

【請求項24】 以下のデータによる構成を有する、請求項23に記載の光学縮小システム。

【表4】

表 4

エレメント 名前	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	アパチャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
可変 波長板	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
レナクル	無限遠		63.3853			
第1の レンズ群内 のレンズ	-183.5661	-215.7867CX	17.0000	122.843 6	130.657 9	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	-601.1535CC	-230.9702CX	21.4839	149.147 6	153.310 3	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	-195.1255	-345.4510CX	15.0000	161.678 9	170.102 5	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	435.8058CX	-1045.1785CX	24.9351	177.425 0	178.267 2	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	-210.7910CX	380.1625CX	- 43.1418	181.667 2	178.017 0	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	300.1724CC	-123.4555CC	- 12.0000	166.727 8	152.310 1	シリカ

(表4のつぎ)

第2の レンズ群 のレンズ	-126.8915CX	972.6391CX	- 41.3263	154.853 0	151.832 7	シリカ
第2の レンズ群 のレンズ	-626.4905CX	-116.6456CC	- 12.0000	147.671 1	136.116 3	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	- 74.0000	137.244 8	200.112 7	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠			200.1128		反射
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	74.0000	200.112 7	200.112 7	シリカ
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	6.0000	148.618 8	149.070 7	シリカ
凹面 ミラー	非球面		- 14.4638	149.6392		反射
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-6.0000	144.856 3	141.273 7	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	-74.000	139.360 6	117.397 9	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	-61.000	117.397 9	100.507 4	シリカ

(表4のつぎ)

第2の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-4.5000	99.6617	98.4157	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-157.8776CX	2282.2178CX	- 13.7501	94.8267	91.8775	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-94.0039CX	-46.6639CC	- 13.4850	82.8663	78.1418	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-147.2443CX	-77.8924CC	- 22.2075	72.7262	50.6555	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-139.2880CX	-319.4830CC	- 13.8321	49.5648	39.0473	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-129.3683CX	-426.7350CC	-6.1500	37.3816	32.4880	シリカ
ウェハ	画像	無限遠				

【請求項25】 以下のデータによる構成を有する、請求項23に記載の光学縮小システム。

【表5】

表5

エレメント	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	アパーチャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
可変 波長板	無限遠	無限遠	33.1000	123.000 0	123.000 0	石英
レンチクル	無限遠		62.7514			
第1の レンズ群内 のレンズ	-136.1154 CC	-152.5295 CX	16.8300	120.755 2	129.435 4	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	-278.1396 CC	-191.8742 CX	20.5341	132.915 2	139.037 7	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	-188.9000 CC	-284.7476 CX	17.5000	156.193 8	165.656 7	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	433.8174 CX	-841.5599 CX	25.8293	173.827 9	174.833 4	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	-158.3251 CX	-4413.4836 CC	- 34.4584	178.507 1	174.226 0	シリカ

(表5のつぎ)

第2の レンズ群内 のレンズ	690.5706 CC	-146.4997 CC	- 11.8800	150.410 9	141.802 1	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	-263.9836 CC	1773.5314 CC	- 24.1851	142.185 1	141.240 0	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	-244.9839 CC	-142.1338 CC	- 11.8800	139.329 0	133.896 7	シリカ
ビーム スプリッタ	無限遠	無限遠	- 71.2800	134.311 5	189.782 6	シリカ
ビーム スプリッタ	無限遠			189.7826		反射
ビーム スプリッタ	無限遠	無限遠	71.2800	189.782 6	189.782 6	シリカ
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	5.9400	142.342 9	142.670 7	シリカ
凹面 ミラー	非球面		18.5263	143.5034		反射
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-5.9400	134.278 8	130.939 8	シリカ

(表5のつづき)

ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	- 71.2800	130.122 1	111.724 7	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	- 60.4000	111.724 7	96.1353	シリカ
第2の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-4.4550	95.3562	94.2064	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-127.4561 CX	-1394.8019 CC	- 13.0104	90.4737	87.7002	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-98.8793 CX	-424.1302 CC	- 12.2874	80.7016	76.3270	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-132.0104 CX	-70.9574 CC	- 17.8706	71.0789	53.4306	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-133.1071 CX	-585.4471 CC	- 19.9496	52.6417	38.2256	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-137.8349 CX	-292.6179 CX	-6.0885	36.7251	31.8484	シリカ
ウェハ	画像	無限遠		26.5000		

【請求項26】 画像空間開口数および物体空間開口数を有する、長共役端

部から短共役端部の光学縮小システムであって、

正の出力の第1のレンズ群と、
負の出力の第2のレンズ群であって、該第2のレンズ群は該物体空間開口数に
実質的に同じ入射開口数を有する、第2のレンズ群と、
ビームスプリッターと、
凹面ミラーと、
正の出力の第3のレンズ群と
を備え、該システムに入射する放射が、該第1のレンズ群、該第2のレンズ群
、該ビームスプリッターを通り、該凹面ミラーで反射されて再度該ビームスプリ
ッターを通り、該第3のレンズ群を通るように配列される、光学縮小システム。
【請求項27】 前記入射開口数は前記物体空間開口数よりもわずかに大き
い、請求項26に記載の光学縮小システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の背景)

(発明の分野)

本発明は、概して、半導体製造において使用される光学システムに関する。

【0002】

(関連技術)

半導体デバイスは、一般に、さまざまなフォトリソグラフィ技術を用いて製造される。半導体チップで使用される回路機構は、ウェハ上にレチクルから投射される。この投射は、しばしば、光学システムの使用で為される。これらの光学システムの設計は複雑なことが多く、半導体チップ上に配置される、サイズが小さくなる一方の構成要素を生成するために必要とされる所望な分解能を得ることは困難である。したがって、0.25ミクロンより小さい、極めて精細な構成要素のフューチャを生成することが可能な光縮小システムを開発するために、多くの労力が費やされてきた。極めて精細な構成要素のフューチャを生成することが可能な光学システムを開発する必要性が、システムの性能を向上させるために必要とされる。

【0003】

従来の光学システムは、1996年7月16日にWilliamsonに発行された、名称「Catadioptric Optical Reduction System with High Numerical Aperture」の米国特許5,537,260号に開示される。この文献は、開口数0.35を有する光縮小システムを記載する。別の光学システムは、1990年9月4日にWilliamsonに発行された、名称「Optical Reduction System」の米国特許4,953,960号に開示される。この文献は、248nmの範囲で動作し、開口数0.45を有する光学システムを記載する。

【0004】

(発明の要旨)

これらの光学システムは、それぞれの意図する目的を十分に実行するが、システムの性能を向上することがさらに必要とされる。本発明者は、レチクル複屈折の影響を最小化する必要性があることを特定した。さらに、システム性能に受容可能な狭い線幅臨界寸法(CD)制御誤差を有する光学システムが必要とされる。

【0005】

照射偏光を制御するための補償を導入することにより、反射屈折投射光学要素を含む偏光感光性投射光学要素におけるレチクル複屈折の性能の影響を制限する。レチクル基板が複屈折を示す場合、光学システムを介して投射された光の偏光は変化する。

【0006】

この変化は、システム全体の性能を変更する。反射率、挿入損、ビームスプリッタ比などの特性は、偏光ごとに異なる。これにより、ウェハでの線量誤差が生じる。線量誤差は、線幅CD制御誤差に寄与する。

【0007】

さらに、全く好適な偏光に対してさえ、線量誤差は、レチクル複屈折から生じ得る。この影響は比較的小さいが、レチクル基板が複屈折を示し、その入力光がレチクル基板で小さな誤差を有する場合、線量誤差はかなり大きくなる。本発明は、入力光に基づく照射偏光をわずかに変えた照射を最適化することによってレチクル複屈折の影響を最小化する。それにより、線量誤差は最小化される。この最小化により、線幅CD制御誤差の減少が生じる。

【0008】

ある実施形態において、反射屈折光縮小システムは、長い共役端の前に、レチクルリタデーションに対する可変補償を有する。レチクルの前の可変補償成分(単数または複数)は、レチクルまたはレチクル近傍の偏光を楕円に調整可能である。可変補償成分は、可変波長板、反射または透過薄膜偏光子、ベレーク(Berek)の補償器および/またはソレイユーバビネ補償器であり得る。

【0009】

ある用途において、レチクルは、波長よりかなり小さい量の複屈折を有する。

そのような用途において、複屈折はレチクルを対して変化する。この可変複屈折は、位置の関数である線量誤差および関連CD線幅変動を導入する所望な偏光状態を変更する。

【0010】

偏光補償器は、線量誤差を最小化するために照射偏光状態の最適化を可能にする。これらの小さな変化は、従来の光学システムにおいて必要とされる数%の偏光純度と比較して、偏光純度をより完璧なレベルに調整する。

【0011】

偏光状態純度は、実際の偏光楕円性にわずかに変化することによって、調整される。一般に、補償器は、レチクルでの偏光状態を変化させるための照射システムにおいて任意の場所に配置され得る。しかし、任意の強い偏光子（例えば、偏光アナライザ）の場合、補償器は、偏光子のレチクル側部に配置されるべきである。

【0012】

反射屈折光縮小システムは、26mm×5mmフィールド上の0.25マイクロンより小さいフューチャをパターン化することができる0.7の比較的高い開口数を提供する。それにより、光縮小システムは、フォトリソグラフィ用途、および、半導体製造において使用されるようなステップ、走査マイクロリソグラフィ露光ツールなどのツールにうまく適応される。幾つかの他の実施形態は、得られ得るスペクトル帯域幅を広げるために、異なる屈折力の素子を組み合わせる。

【0013】

別の実施形態において、本発明は、オブジェクトまたは長い共役端から縮小イメージまたは短い共役端まで、偏光補償器、レチクル、第1のレンズ群、第2のレンズ群、ビームスプリッタ立方、同心円凹面鏡および第3のレンズ群を有する反射屈折縮小システムである。凹面鏡は、単位倍率近くで動作する。これは、その鏡によって導入される収差およびビームスプリッタ立方に入力する放射の直径を減らす。凹面鏡の前の第1のレンズおよび第2のレンズ群は、凹面鏡およびその近傍におけるアパーチャストップで無限に入射瞳をイメージするのに十分な出力を提供する。凹面鏡の後の第3のレンズ群は、オブジェクトから光学システム

のイメージまでの縮小したかなりの部分、および、アパーチャストップの無限の射出瞳への投射を提供する。高次の収差は、非球面凹面鏡を用いることによって、縮小される。

【0014】

本発明のさらなる実施形態、特徴および利点は、本発明のさまざまな実施形態の構造および動作と同様に、添付の図面を参照して、以下に詳細に記載される。

【0015】

本明細書に組み込まれ、本明細書の一部分を形成する添付の図面は、本発明をその記載とともに図示し、さらに、本発明の原理を説明する役割を果たし、当業者が本発明を行なうこと、かつ、使用することを可能にする。

【0016】

ここで、添付の図面を参照して、本発明を説明する。図面において、同じ参照符号は、同じまたは機能的に類似な要素を示す。さらに、参照番号の最も左の番号（単数または複数）は、その参照符号が始めに登場した図面を特定する。

【0017】

（好適な実施形態の詳細な説明）

- I. 概説
- II. 専門用語
- III. 従来の光学システムとレチクル複屈折
- IV. 偏光補償
- V. 例示のインプリメンテーション
 - A. レーザ照射偏光の制御を有する光学システム
 - B. 別の実施形態
 - C. さらなる実施形態

I. 概説

本発明は、レチクル複屈折を補償する。これは、フォトリソグラフィの反射屈折縮小システムのイメージング品質を向上させる。本発明を説明するために、始めに専門用語セクションを提供する。概説セクションの後に、例示の従来の光縮小システム（図1）および本発明者らによって認識されたレチクル複屈折の問題

(図2A)を説明する。偏光補償および本発明による偏光補償を達成するための光学要素が記載される(図2Bおよび図2C)。最後に、イメージング品質を向上させる光縮小システムにおける1つ以上の補償器を有する本発明の例示のインプリメンテーションを説明する(図3～図9)。

【0018】

II. 専門用語

本発明をより明らかに描写するために、可能な限り一貫して以下の用語規定に忠実になるように明細書全体にわたって尽力されている。

【0019】

用語「回路機構」は、半導体デバイスにおいて使用するために設計されフューチャを指す。

【0020】

用語「線量誤差」は、イメージまたはウェハ平面に入射する放射の力分散の変動を指す。

【0021】

用語「フューチャ配向」は、投射に対してレチクルにプリントされたパターンを指す。

【0022】

用語「長い共役端」は、光学システムのオブジェクトまたはレチクル端における平面を指す。

【0023】

用語「短い共役端」は、光学システムのイメージまたはウェハ端における平面を指す。

【0024】

用語「プリントバイアス」は、光学システムの非対称性によって生成されたウェハ上の線における変動を指す。非対称性は、システムおよびレチクルのさまざまなステージでの回折によって生成される。

【0025】

用語「半導体」は、電氣的に変更され得る固体基板を指す。

【0026】

用語「半導体チップ」は、任意の数のトランジスタまたは他の構成要素を有する半導体デバイスを指す。

【0027】

用語「ウェハ」は、一連のフォトマスクステップ、エッチングステップおよび／またはインプリメンテーションステップを行なう半導体製造におけるベース材料を指す。

【0028】

用語「波長板」は、複屈折を示す材料から作成されるリタレーション板または位相器を指す。

【0029】

III. 従来の光学システムとレチクル複屈折

図1は、従来の光縮小システムを図示する。レチクルが配置される長い共役端からウェハが配置される短い共役端にまで、従来の光縮小システムは、第1の光学要素群120と、ビームスプリッタ立方150と、第1の1/4波長板140と、凹面鏡130と、第2の1/4波長板160と、第2の光学要素群170とを有する。これらの要素120～170の各々は、1996年7月16日にWilliamsonに発行された、名称「Catadioptric Optical Reduction System with High Numerical Aperture」の米国特許5,537,260号に記載される。任意の光学システムのフューチャは、開口数のサイズおよびスペクトル放射の要件に相互依存する。レチクルに効率的に放射するために、直線偏光が所望され得る。ある場合において、他の照射偏光状態、例えば、右円偏光または左円偏光が所望されてもよい。上で紹介された直線偏光またはほぼ直線偏光に限定して、以下のセクションを説明する。

【0030】

本発明者が認識したように、ほぼすべてのレチクルは弱い複屈折である。したがって、レチクルは、レチクルからウェハまで投射されるのに使用される直線偏光を変更する。波長板とほとんど同じだが、かなり小さい程度まで、レチクルは

、入射直線偏光を、楕円的に偏光し得る。これにより、レチクルへのフューチャ配向によって少なくとも部分的に拡大される、ウェハでの線量誤差が導入される。線量誤差は、好適な偏光に対してさえ、線幅CD制御誤差に寄与する。線幅CD制御誤差は、半導体デバイスの性能に対して悪影響を及ぼす。

【0031】

図2Aは、レチクル110の複屈折特性を図示する。レチクル110は、直線偏光210の経路に配置される。ベクトル図205は、偏光の直線状態を図示する。レチクル110は弱いリターダであり、すなわち、レチクル110はわずかな大きさの複屈折を示す。レチクル110の後、光出力230における曲線によって示されるように、光は異なって偏光される。ベクトル図235は、レチクルを離れる光のチップ237およびスプレッド238を示す。

【0032】

IV. 偏光補償

波長板（リタレーション板または位相器）は、複屈折を示す材料から形成される。内部応力または外部応力下でのガラス状の材料および結晶を含む複屈折材料は、ほぼ非等方性である。これは、電子の原子結合力が異なる方向で異なり、結果として、同じように屈折率が異なることを意味する。

【0033】

結晶の最も単純な分類は、立方対称の結晶である。立方晶において、すべての3つの結晶学的方向または軸が等価である。 $n_x = n_y = n_z$ で、結晶は光学的に等方性である。光が結晶に対してどのように偏光されるかにかかわらず、光は、同じ屈折率を受け、それにより、同じ位相遅延を受ける。したがって、一定の位相遅延を積み重ねることを除いて、いかなる偏光も、欠陥がない等方性結晶を通して移動した後も変化しないままである。（これは、またガラスのようなアモルファス基板にも当てはまる。）

しかし、結晶の別の分類は、非対称性（または、非等方性）光学的特性を示す。それらは、複屈折結晶として公知である。複屈折のあるタイプは単軸であり、これは1つの結晶軸が他の2つと異なること、すなわち、 $n_z \neq n_x = n_y$ を意味する。光学特性が単軸である一般的な結晶は、石英、方解石、 MgF_2 である。

単軸である1つの結晶軸は、しばしば「異常光」軸と呼ばれ、その関連する屈折率は n_e と表される。一方、他の2つの軸は屈折率 n_o を有する「常光」軸である。

【0034】

石英などの単軸複屈折結晶の場合、光学軸として知られた1つの対称軸（実際には、1つの方向）は、2つの異なる主屈折率を示す。これは、最大屈折率 n_o （遅軸）と最小屈折率 n_e （速軸）である。

【0035】

単軸結晶の専門用語によれば、以下の表示、すなわち、速軸および遅軸を使用する。最も小さい屈折率を有する軸が速軸である。石英のように、 $n_e < n_o$ である場合、異常光軸は速軸であり、常光軸は遅軸である。逆に、方解石および MgF_2 のように、 $n_e > n_o$ である場合、異常光軸は遅軸であり、常光軸は速軸である。定義によれば、石英は正の単軸結晶とよばれ、方解石は負の単軸結晶とよばれる。これら2つの屈折率は、光軸に平行および垂直な光フィールド発振に対応する。

【0036】

結晶の常光軸に沿って直線偏光された入力光は、常光波として機能し、屈折率 n_o を受ける。光は結晶の異常光軸に沿って直線偏光するように結晶を回転させると、光は、屈折率 n_e を示す異常波として機能する。これら2つの場合においては、たとえ光が物理的に同じ経路長を通過しても、位相遅延または光学経路長が異なる。

【0037】

したがって、石英の場合、最大屈折率は、ある光学経路に沿った材料を通過する常光線の結果である。最小屈折率は、別の光学経路に沿った材料を通過する異常光線の結果である。複屈折材料を通る常光線および異常光線の速度は、屈折率とともに激しく変化する。2つの光線を再び結合する場合、速度の差は位相差を生じる。直線偏光光線を入射する場合、これは、

【0038】

【数1】

$$\alpha = 2\pi d \frac{(n_e - n_o)}{\lambda};$$

によって与えられ、ここで、 α は位相差、 d は波長板の厚さ、 n_e 、 n_o は異常光および常光のそれぞれの屈折率、 λ は波長である。したがって、任意の特定の波長において、位相差は、波長板の厚さによって統制される。

【0039】

1/4波長板の厚さは、位相差が1/4波長の（ゼロ次）または1/4波長の数倍（多次）になるようなものである。入射する直線偏光光線の電場ベクトルと1/4波長板のリタデーション主断面との間の角度が45度である場合、発生するビームは円偏光される。

【0040】

さらに、1/4波長板を2回通過すると、例えば、光がミラーによって反射されて1/4波長板を2回通過すると、それは半波長板のように作用し、偏光平面をある角度に回転させる。

【0041】

入射光の波長の1/4を導入する複屈折材料の厚さは、1/4波長板を意味する。これは、半波長の整数倍に1/4波長を足したもの、または、1/4波長だけ異なる位相リタデーションの材料の2つの厚さと比較される。それにより、入射角度の大きな変動の悪影響は、ゼロ次の波長板の使用によって、かつ、入射平面のフィールドサイズを制限することによって、高開口数において最小化される。

【0042】

同様に、半波長板の厚さは、位相差が1/2波長（ゼロ次）または1/2波長の奇数倍（多次）であるようなものである。半波長板に入射する直線偏光ビームは、光軸に対する角度が入射ビームの2倍の角度であるように回転された直線偏光ビームとして、発せられる。

【0043】

可変波長板は幾つかの態様であり得るが、これらの可変波長板の特性は、上記の多次の特性と同様のよくない特性を有し得る。しかし、リタデーションを連続的に調整し得る波長板をゼロ次にするために利用可能な技術がある。そのような可変波長板は、また、偏光補償器とよばれ、それを用いて、 $1/4$ 波長および半波長を含む、広い範囲の波長のリタデーションを得ることができる。主に、2つのタイプの補償器が存在する。それは、ベレーク補償器と、ソレイユーバビネ補償器である。

【0044】

これら2つの補償器の特性は、図2Bおよび図2Cで示される。図2Bは、ベレーク補償器の特性を図示する。図2Cは、ソレイユーバビネ補償器の特性を図示する。

【0045】

図2Bに示されるベレーク補償器は、平面に垂直な異常光軸でカットした単一平面から作製される。光240が平面に垂直に入射する場合、偏光に依存しない速度で光は伝搬する。この場合、出力光245にはリタデーションがない。なぜなら、光は屈折率 n_o を受けるのみだからである。この光は、異常光軸を「知らない (ignorant)」。しかし、板250が光240の方に、または、光240から離れて傾く場合（それは、板250'で示される）、入射平面の軸の1つがわずかに異常になる。ここで、その軸は、以下の公式で与えられる、実効屈折率 n'_e を有する。

【0046】

【数2】

$$\frac{1}{n'_e} = \sqrt{\frac{\cos^2 \theta_R}{n_o^2} + \frac{\sin^2 \theta_R}{n_e^2}}$$

異常光軸は、その板に垂直である。傾きにより、出力光245'において、複屈折が生じ、それにより、位相リタデーションが生じる。ベレーク補償器のリタデーションの量が傾きの程度に依存しても、それは、他の補償器に等しい角度感

応性を有する。ベレーク補償器は、単軸結晶の1つの板のみからなるので、魅力的であり、それにより、以下に示すように、ソレイユーバビネの多様性を保持しながら、コストおよび光学損失を下げる。

【0047】

ソレイユーバビネは、効率的には、2つの単軸板をともに積み重ねたものからなる。図2Cは、板260、270および板280、290を示す。2つの板の異常光軸はお互いに垂直であり、それにより、常光軸および異常光軸の役割は、光が一方の板の後、他方の板を通過すると、反転する。板260（280）に集積された位相差またはリタデーションは、板270（290）によって部分的に、または、完全に相殺され得る。

【0048】

可変補償器は、ウェッジ対263、265およびウェッジ対283、285に示されるように、2つの相補的なウェッジとして板260（280）を設計することによって、作製される。このように、板260（280）の全実効厚は、ウェッジ265に対してウェッジ263をスライドすることによって調整され得る。これを図2Cに図示する。板260（280）の厚さが板270（290）の厚さに正確に等しい場合、正味ゼロのリタデーションとなる。

【0049】

その動作は容易に理解されるが、ソレイユーバビネ補償器は、比較的高価であり得る。なぜなら、慎重に作られた、搭載された単軸結晶を3つ必要とするからである。ソレイユーバビネ補償器の別の欠点は、その設計において存在する6つの界面からの反射に起因して、極めて損失があることである。

【0050】

（V. 例示のインプリメンテーション）

（A. レーザ照射偏光の制御を有する光学システム）

本発明は、レチクルに対する複屈折の変動によって生じる偏光感光性投射光学システムにおける線量誤差を最小化するために、可変波長板を用いる。図に対して記載されるように、単一の偏光補償器は、単一の補償をレチクル全体に提供する。ある実施形態において、多数の複雑な補正器が、レチクル位置の関数として

変化する補正を提供し得る。

【0051】

別の実施形態において、補償器システムは、局所的なレチクル複屈折を補償するための照射偏光をオフセットするように設計され得る。

【0052】

ある実施形態において、線量制御に対して、偏光状態は、露光に対して評価され得る。例えば、偏光状態は、レチクルに対して平均化される。図3は、そのような非対称性またはプリントバイアスを削除する、本発明の実施形態を図示する。ベレーク補償器305は、オブジェクトまたはレチクル平面110の前に導入される。ベレーク補償器305は、レチクル平面偏光の光を微同調し、レチクル平面で所望な状態にほぼきっちりと整合させる。損失がない光学照射システムのある実施形態において、補償器は、補償器なしの偏光状態に等しい偏光に対する補正を導入する。補正は、反対の意味を表す記号だが、所望な状態から離れるものである。投射光学要素は、任意の強い偏光子の前に、意図しない小さい量の複屈折を有する場合、照射補償器は、この複屈折を補償する、さらなる量をオフセットし得る。したがって、レチクルの複屈折によって生じる線量誤差は最小化され、線幅制御が向上する。

【0053】

(B. 別の実施形態)

ソレイユーベリエ補償器405がベレーク305の代わりにレチクル110の前のシステムにおいて挿入され得ることが当業者には明らかである。ソレイユーベリエ補償器405が、上述したように、ベレーク補償器305と同様な機能を果たし、一般的に同様な特性で働く、この実施形態を図4に示す。

【0054】

(C. さらなる実施形態)

本発明は、種々の投影光学システムにおいて実現され得る。例えば、本発明は、本明細書中に詳細に説明されるカタディオプトリックシステムならびに屈折システムおよび反射システムにおいて実現され得る。本明細書において提供される教示内容に少なくとも基づけば、当業者であれば、本発明の実施形態が他の縮小

システムにも適用可能であることを理解する。本発明のさらなる詳細な実施形態を以下に提供する。

【0055】

可変波長板505、605、705、805および905を有するさらなる実施形態を図5～9を参照して以下に詳細に説明する。可変波長板505、605、705、805および905は、可変波長板に限定されず、一般的には、層状波長板、対向ミラー、ベレークの補償器および／またはソレイユーバビネ補償器を含む可変補償器のうち任意のタイプであり得るが、これらに限定されない。

【0056】

図5は、レチクル複屈折を補償を提供するための照明システム内に可変波長板505を含む、本発明の光学縮小システムの別の実施形態を示す。この光学縮小システムは、図5の長共役端部から、可変波長板505、物体またはレチクル面110、第1のレンズ群LG1、折りたたみ式ミラー520、第2のレンズ群LG2、ビームスプリッター立方530、第1の1/4波長板532、凹面ミラー534、第2の1/4波長板538および第3のレンズ群LG3を含む。画像は、画像面またはウェハ面180に形成される。第1のレンズ群LG1は、シェル512、正レンズ514および負レンズ516を含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび正レンズ518を含む。シェル512は、ほぼ0の出力または0の出力レンズである。第2のレンズ群LG2は、正レンズ522、負レンズ524および正レンズ526を含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび負レンズ528を含む。第3のレンズ群LG3は、強い正である2つの正レンズ540と542、シェル544および弱い正である2つの正レンズ546と548を含む。折りたたみ式ミラー520は、本発明を動作させるために必須ではない。しかしながら、折りたたみ式ミラーは、物体面および画像面が平行となることを可能にする。このことは、本発明の光学システムの1つの目的とするアプリケーションにとって都合がよい。このアプリケーションは、ステップおよびスキャンシステムによるフォトリソグラフィーを用いた半導体デバイスの製造である。

【0057】

放射が、長共役端部においてシステムに入り、第1のレンズ群LG1を通して

、折りたたみ式ミラー520で反射され、第2のレンズ群LG2を通る。放射は、ビームスプリッター立方530に入って、表面536で反射され、1/4波長板532を通過して凹面ミラー534で反射される。次いで、放射は、再度1/4波長板532、ビームスプリッター立方530を通り、1/4波長板538、レンズ群LG3を通過して、画像またはウェハ面180で焦点を合わせられる。

【0058】

ミラーのレンズ群上流LG1、LG2は、凹面ミラー534でまたはその近傍でのアパーチャストップ531に無限遠における入射瞳を結像するのに十分な出力のみを提供する。レンズ群LG1とLG2とを組み合わせた出力は、わずかに負である。シェル512および空隙デュプレット514と516は、非点収差、像面湾曲およびディストーションを含む収差補正を助ける。凹面ミラー534の後にあるレンズ群LG3は、物体から画像サイズへの縮小のほとんどを提供し、かつ無限遠の出射瞳へとアパーチャストップを投影する。2つの強い正レンズ540および542は、画像および無限遠での出射瞳における高い開口数を提供する。シェル544はほとんど出力を有さない。2つの弱い正レンズ546および548は、高次数の収差の補正を促進する。凹面ミラー534は、全体のシステムの縮小率の1.6〜2.7倍の縮小率を提供し得る。

【0059】

第2のレンズ群LG2における負レンズ524は、ビームスプリッター立方530および凹面ミラー534に向けられた強い発散ビームを提供する。強い正レンズ522は横方向の色補正を提供する。レンズ524および526を含む空隙デュプレットは、球面収差およびコマ収差を補正するのを助ける。凹面ミラー534は好ましくは非球面であり、従って高次の収差をさらに低減するのに役立つ。

【0060】

ビームスプリッター立方530によって生じる透過損は、線形な偏光によって物体またはレチクルを照射し、ビームスプリッター立方530と凹面ミラー534との間に1/4波長板532を含むことによって、最小化される。さらに、凹面ミラー534およびビームスプリッター立方530の後にある第3のレンズ群

L G 3の開口数を増やすことによって、これらのエレメントにおける最大角範囲がみられなくなる。

【0061】

しかしながら、約0.5より大きな開口数の直線偏光を用いると、結像において微小であるが、顕著な非対称性が生じる。本発明では、ビームスプリッター立方530を最後に通った後別の1/4波長板538を導入して、直線偏光を円偏光に変換することによって、上記のことは効果的になくなり得る。この円偏光は、基本的には、その結像挙動において非偏光と区別不可能である。

【0062】

図5に示される光学システムは、4対1の縮小率で動作するように設計されている。従って、画像空間における開口数は、物体またはレチクル面110において4~0.175の因子によって0.7から減少される。すなわち、物体空間開口数は0.175であり、画像空間開口数は0.7である。第1のレンズ群L G 1を離れると、開口数は0.12まで減少し、その結果、無限遠での入射瞳を凹面ミラー534の近傍にあるシステムのアパーチャストップに結像するのにレンズ群L G 1に正出力が必要となる。第2のレンズ群L G 2を離れた後、ビームスプリッターに入ると、開口数は0.19である。従って、第2のレンズ群L G 2からの出射開口数(0.19)は、レンズ群L G 1の入射、または物体空間開口数(0.175)に比べて大きい。すなわち、第2のレンズ群L G 2は、第1のレンズ群L G 1の入射開口数よりも大きな出射開口数を有する。これは、第2のレンズ群L G 2の負出力全体に起因して、物体空間開口数(0.175)と極めて類似している。これは、ビームスプリッター立方に入ってくる開口数が典型的には0に近い、すなわちほぼ平行化された従来のシステムと異なる。凹面ミラー534はほぼコンセントリックであり、その凹面ミラー534から反射される放射の開口数は、0.19から0.35へとわずかに増えるのみである。第3のレンズ群L G 3は、ウェハまたは画像面180において最終的な値0.7へと開口数を効果的に2倍にする。

【0063】

本発明は、負の第2のレンズ群L G 2および強い正の第3のレンズ群L G 3に

よってビームスプリッター立方のエッジが遮ることなく、比較的高い開口数を達成する。板ビームスプリッターではなくてビームスプリッター立方530を用いることが本発明において重要である。なぜなら、約0.45より大きな開口数で、ビームスプリッター立方はより良好なパフォーマンスを提供するためである。ガラスの屈折率により立方内の開口数が減少し、非平行なビームがチルトした板ビームスプリッターに入射された際にその板ビームスプリッターによって生じる収差はない。本発明による図5に示されるレンズシステムの構成データを以下の表1に示す。

【0064】

【表6】

表 1

エレメント	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	P.O-チャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
505	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			0.7500			
110	無限遠		63.3853			
空間			0.7500			
512	-158.7745	-177.8880	15.0000	124.0478	131.7725	シリカ
空間			36.1130			
514	-556.6911	-202.0072	22.2126	148.3881	152.5669	シリカ
空間			38.7188			
516	-183.7199	-558.8803	15.0000	156.5546	166.5750	シリカ
空間			10.0674			
518	427.2527	-612.2450	28.8010	177.4010	179.0292	シリカ
空間			132.9320			
520	無限遠		-74.0000	184.6402		反射
522	-240.4810	2050.9592	-33.3135	188.4055	185.3395	シリカ
空間			-29.3434			
524	421.7829	-145.6176	-12.0000	175.5823	169.0234	シリカ
空間			-4.2326			
526	-150.4759	472.0653	-46.5091	171.4244	169.9587	シリカ
空間			-2.0000			
528	-1472.2790	-138.2223	-15.0000	163.3586	154.8084	シリカ
空間			-27.2060			
530	無限遠	無限遠	-91.8186	155.6662	253.0917	シリカ
536	無限遠			253.0917		反射
530	無限遠	無限遠	91.8186	253.0917	253.0917	シリカ
空間			2.0000			
532	無限遠	無限遠	6.0000	185.8693	186.8401	シリカ

(表1の続き)

空間			17.9918			
ストップ				188.0655		
534	非球面		-17.9918	188.0655		反射
532	無限遠	無限遠	-6.0000	183.5471	180.1419	シリカ
空間			-2.0000			
530	無限遠	無限遠	-91.8186	178.3346	149.2832	シリカ
530	無限遠	無限遠	-70.000	149.2832	128.8604	シリカ
空間			-2.0000			
538	無限遠	無限遠	-4.500	127.9681	126.6552	シリカ
空間			-0.7500			
540	-175.1330	1737.4442	-17.7754	121.4715	118.2689	シリカ
空間			-0.7500			
542	-108.8178	-580.1370	-18.2407	104.5228	97.7967	シリカ
空間			-0.7500			
544	-202.2637	-86.6025	-31.1216	91.7061	57.4968	シリカ
空間			-2.3507			
546	-122.1235	-488.7122	-17.9476	56.4818	41.1675	シリカ
空間			-0.2000			
548	-160.8506	-360.1907	-6.1500	39.4528	33.5764	シリカ
空間			-4.000			
180	無限遠			26.3019		

凹面ミラー534は、以下の式に従う非球面反射面を有する。

【0065】

【数3】

$$Z = \frac{(CURV)Y^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(CURV)^2 Y^2}} + (A)Y^4; \\ + (B)Y^6 + (D)Y^{10} + (E)Y^{12} + (F)Y^{14}$$

ここで定数は以下ようになる。

$$CURV = -0.00289051$$

$$K=0.000000$$

$$A=6.08975 \times 10^{-11}$$

$$B=2.64378 \times 10^{14}$$

$$C=9.82237 \times 10^{-19}$$

$$D=7.98056 \times 10^{-23}$$

$$E=-5.96805 \times 10^{-27}$$

$$F=4.85179 \times 10^{-31}$$

表1の構成によるレンズは、中心が248.4ナノメートルの放射に対して最適化されている。石英ガラスおよび屈折力の大部分をなす1つの屈折材料は、図5に示す実施形態のスペクトル帯域幅を約10ピコメートルすなわち0.01ナノメートルに制限する。このスペクトル帯域幅は、狭い線幅のフッ化クリプトンエキシマレーザ光源に非常によく適している。図5に示す実施形態は、石英ガラスが適切に透過する任意の波長に対して最適化され得る。

【0066】

より広いスペクトル帯域幅は、異なる分散を有する2つの光学材料を用いて達成され得る。本発明の第2の実施形態を図6に示す。図6の長共役端部から、第1の1/4波長板608、物体またはレチクル面110、第2の1/4波長板611、レンズ群LG4、折りたたみ式ミラー622、レンズ群LG5、表面638を有するビームスプリッター立方632、第1の1/4波長板634、凹面ミラー636、第2の1/4波長板640およびレンズ群LG6を含む。画像は、画像またはウェハ面180で形成される。レンズ群LG4は、負レンズ612と正レンズ614とを含む間隔を空けて配置されるデュプレット、弱い正レンズ616、正レンズ618およびシェル620を含む。レンズ群LG5は、正レンズ624、負レンズ626、正レンズ628および負レンズ630を含む。レンズ群LG6は、2つの正レンズ642、正レンズ644と負レンズ646とを含む複合デュプレット、正レンズ648およびシェル650と正レンズ652とを含む複合デュプレットを含む。

【0067】

この第2の実施形態は、レンズ群LG4の個々の正レンズ、レンズ群LG5の

個々の負のレンズのうちの1つおよびレンズ群L G 6の正のレンズのうち2つにフッ化カルシウムを用いる。本発明の図6に示される第2の実施形態の構成データを以下の表2に示す。

【0068】

【表7】

表2

エメント	曲率半径 (mm)		厚さ	アビチャ直径 (mm)		
番号	前	後	(mm)	前	後	ガラス
605	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			0.5000			
110	無限遠		60.4852			
空間			0.5000			
612	-205.5158	539.1791	15.2158	124.0926	137.3346	シリカ
空間			8.8054			
614	2080.9700	-210.6539	32.4984	142.6149	151.7878	シリカ
空間			1.2676			
616	310.4463	700.3748	40.7304	162.4908	165.2126	CaF ₂
空間			0.5000			
618	634.1820	-798.8523	27.5892	165.4395	166.4747	シリカ
空間			0.5000			
620	1480.0597	1312.1247	25.4322	168.7516	164.7651	シリカ
空間			136.2343			
622	無限遠		-74.0000	161.9590		反射
624	-761.9176	1088.9351	-19.2150	160.3165	159.2384	シリカ
空間			-19.9465			
626	648.8361	-202.5872	-12.0000	155.1711	153.0635	CaF ₂
空間			-7.6304			
628	-400.4276	458.5060	-25.8769	153.0635	153.8055	シリカ
空間			-2.0000			
630	-818.0922	-168.5034	-27.5927	152.6663	147.5200	CaF ₂
空間			-20.5014			
632	無限遠	無限遠	-91.7553	148.6158	252.7349	シリカ
638	無限遠			252.7349		反射
632	無限遠	無限遠	91.7553	252.7349	252.7349	シリカ

(表2のつぎ)

空間			2.0000			
634	無限遠	無限遠	6.0000	185.8070	187.0026	シリカ
空間			18.1636			
ストップ				188.5681		
636	非球面		-18.1636	188.5681		反射
634	無限遠	無限遠	-6.0000	184.2566	181.1084	シリカ
空間			-2.0000			
632	無限遠	無限遠	-91.7553	179.3858	151.7747	シリカ
632	無限遠	無限遠	-70.0000	151.7747	133.3985	シリカ
空間			-2.0000			
640	無限遠	無限遠	-4.5000	132.5690	131.3876	シリカ
空間			-0.5000			
642	-112.0665	-597.6805	-21.4866	123.4895	119.2442	シリカ
空間			-0.5000			
644	-116.3137	282.3140	-24.0940	107.8451	101.2412	CaF ₂
646	282.3140	-66.5293	-13.7306	101.2412	72.6862	シリカ
空間			-2.6346			
648	-77.2627	-374.4800	-17.9594	72.0749	62.7659	シリカ
空間			-0.5452			
650	-130.1381	-57.1295	-20.8147	58.9696	37.4889	シリカ
652	-57.1295	-7305.8777	-6.1425	37.4889	34.3156	CaF ₂
空間			-4.0000			
180	無限遠			26.4992		

ここで、表1の後の式に用いられた非球面ミラー634の定数は、以下のようになる。

$$CURV = -0.00286744$$

$$K = 0.000000$$

$$A = -1.92013 \times 10^{-09}$$

$$B = -3.50840 \times 10^{-14}$$

$$C = 2.95934 \times 10^{-19}$$

$$D = -1.10495 \times 10^{-22}$$

$$E = 9.03439 \times 10^{-27}$$

$$F = -1.39494 \times 10^{-31}$$

この第2の実施形態は、中心が193.3ナノメートルの放射に対して最適化されており、約200ピコメートル、すなわち0.2ナノメートルのスペクトル帯域幅を有する。わずかに狭い線幅のフッ化アルゴンエキシマレーザが適切な光源である。さらに、この設計は、両方の屈折材料が適切に透過する任意の波長に対して最適化され得る。材料の分散が小さくなるにつれて、帯域幅は一般に、より長い波長に対して増加する。例えば、このような2つの材料設計は、248.4ナノメートル付近では、少なくとも400ピコメートル（0.4ナノメートル）の帯域幅にわたって動作する。

【0069】

360ナノメートルよりも長い波長では、光学ガラスのより広い範囲で適切に透過し始める。図7に示される第3の実施形態は、このガラスの広い選択範囲を利用して、さらに分散を減少させる。第3の実施形態は、図7の長共役端部から、物体またはレチクル面110、レンズ群LG7、折りたたみ式ミラー722、レンズ群LG8、表面738を有するビームスプリッター立方732、第1の1/4波長板734、凹面ミラー736、第2の1/4波長板740およびレンズ群LG9を含む。画像は、画像またはウェハ面180で形成される。レンズ群LG7は、負レンズ712と正レンズ714とを含む間隔を空けて配置されるデュプレット、正レンズ716と負レンズ718とを含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび正レンズ720を含む。レンズ群LG8は、正レンズ724、負レンズ726、正レンズ728および負レンズ730を含む。レンズLG9は、正レンズ742、正レンズ744と負レンズ746とを含む複合デュプレット、正レンズ748およびシェル750と正レンズ752とを含む複合デュプレットを含む。

【0070】

図7に示す第3の実施形態の構成データを以下の表3に示す。

【0071】

【表8】

表3

エリメント	曲率半径 (mm)		厚さ	アパチ直径 (mm)		
番号	前	後	(mm)	前	後	ガラス
705	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			0.5000			
110	無限遠		59.2960			
空間			0.5000			
712	-620.7809	361.8305	20.2974	125.9406	134.7227	PBMZY
空間			2.6174			
714	515.7935	-455.1015	39.8858	135.3384	145.6015	PBMZY
空間			14.7197			
716	431.3189	-239.4002	36.9329	155.6269	157.3014	BSL7Y
空間			0.5000			
718	-259.6013	685.3286	26.3534	156.9363	162.2451	PBMZY
空間			1.4303			
720	361.5709	-1853.2953	23.3934	168.7516	165.1801	BAL15Y
空間			131.8538			
722	無限遠		-77.8469	169.9390		反射
724	-429.2950	455.4247	-32.3086	173.0235	171.1102	PBL6Y
空間			-27.6206			
726	401.0363	-180.0031	-12.0000	159.3555	154.7155	BSL7Y
空間			-5.6227			
728	-258.4722	1301.3764	-26.1321	154.7155	154.1517	PBMZY
空間			-2.0000			
730	-1282.8931	-180.2226	-12.0000	153.1461	149.4794	BSL7Y
空間			-19.7282			
732	無限遠	無限遠	-91.7349	150.4585	252.6772	シリカ
738	無限遠			252.6772		反射
732	無限遠	無限遠	91.7349	252.6772	252.6772	シリカ
空間			2.0000			

(表3のつぎ)

734	無限遠	無限遠	6.0000	185.6435	186.7758	シリカ
空間			18.2715			
ストップ ^o				188.1745		
736	非球面		-18.2715	188.1745		反射
734	無限遠	無限遠	-6.0000	183.6393	180.1377	シリカ
空間			-2.0000			
732	無限遠	無限遠	-91.7349	178.3236	147.9888	シリカ
732	無限遠	無限遠	-70.0000	147.9888	126.9282	シリカ
空間			-2.000			
740	無限遠	無限遠	-4.5000	126.0289	124.6750	シリカ
空間			-0.5000			
742	-119.8912	-610.6840	-18.6508	117.5305	113.4233	BSM51Y
空間			-0.5000			
744	-114.1327	384.9135	-21.1139	102.6172	96.4137	BSL7Y
746	384.9135	-70.2077	-13.0576	96.4137	71.1691	PBL26Y
空間			-2.8552			
748	-85.7858	-400.3240	-16.9147	70.5182	61.2633	BSM51Y
空間			-0.8180			
750	-151.5235	-54.0114	-19.5810	57.6234	37.3909	BSM51Y
752	-54.0114	-2011.1057	-6.3947	37.3909	34.2119	PBL6Y
空間			-4.0000			
180	無限遠			26.5002		

ここで、表1の後の式に用いられた非球面ミラー736の定数は、以下のようになる。

$$CURV = -0.00291648$$

$$K = 0.000000$$

$$A = -1.27285 \times 10^{-09}$$

$$B = -1.92865 \times 10^{-14}$$

$$C = 6.21813 \times 10^{-19}$$

$$D = -6.80975 \times 10^{-23}$$

$$E = 6.04233 \times 10^{-27}$$

$$F = 3.64479 \times 10^{-32}$$

この第3の実施形態は、中心が365.5ナノメートルで8ナノメートルのスペクトル帯域幅にわたって動作する。このスペクトル帯域幅の放射は、Iライン周波帯においてフィルタリングされた水銀アークランプによって提供され得る。この第3の実施形態において用いられる石英ガラス以外の光学ガラスは、一般にはIラインガラスとして知られている。これらの光学ガラスは、水銀Iライン波長において少なくとも吸収またはソラリゼーション効果を有する。

【0072】

図8は、本発明の光学縮小システムの第4の実施形態を示す。この実施形態は0.63の開口数を有し、中心が248.4ナノメートルにおいて300ピコメートル（好ましくは100ピコメートル）のスペクトル帯域幅で動作し得る。図8の長共役端部から、光学縮小システムは、物体またはレチクル面110、第1のレンズ群LG1、折りたたみ式ミラー820、第2のレンズ群LG2、ビームスプリッター立方830、第1の1/4波長板832、凹面ミラー834、第2の1/4波長板838および第3のレンズ群LG3を含む。画像は画像またはウェハ面180に形成される。

【0073】

第1のレンズ群LG1は、シェル812、正レンズ814と負レンズ816とを含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび正レンズ818を含む。第2のレンズ群LG2は、正レンズ822、負レンズ824と正レンズ826とを含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび負レンズ828を含む。第3のレンズ群LG3は、2つの正レンズ840と842、シェル844および2つの正レンズ846と848を含む。ここでもやはり、図5に示される実施形態と同様に、図8の折りたたみ式ミラー820は、本発明の動作に必須ではないものの、物体110および画像面180を互いに平行にすることができる。このことは、フォトリソグラフィーを用いて半導体デバイスを製造するのに都合がよい。

【0074】

図8に示す第4の実施形態の構成データを以下の表4に示す。

【0075】

【表9】

表 4

エレメント	曲率半径 (mm)		厚さ	P.O-チャ直径 (mm)		
番号	前	後	(mm)	前	後	ガラス
805	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			2.0000			
110	無限遠		63.3853			
空間			2.0000			
812	-183.5661	-215.7867CX	17.0000	122.8436	130.6579	シリカ
空間			46.6205			
814	-601.1535CC	-230.9702CX	21.4839	149.1476	153.3103	シリカ
空間			68.8075			
816	-195.1255	-345.4510CX	15.0000	161.6789	170.1025	シリカ
空間			3.0000			
818	435.8058CX	-1043.1785CX	24.9351	177.4250	178.2672	シリカ
空間			130.0000			
		偏心 (1)				
820	無限遠		-64.5000	180.3457		反射
822	-210.7910CX	380.1625CX	-43.1418	181.6672	178.0170	シリカ
空間			-15.8065			
824	309.1724CC	-123.4555CC	-12.0000	166.7278	152.3101	シリカ
空間			-3.8871			
826	-126.8915CX	972.6391CX	-41.3263	154.8530	151.8327	シリカ
空間			-1.5000			
828	-626.4905CX	-116.6456CC	-12.0000	147.6711	136.1163	シリカ
空間			-31.8384			
830	無限遠	無限遠	-74.0000	137.2448	200.1127	シリカ
		偏心 (2)				
836	無限遠			200.1128		反射

(表4のつづき)

830	無限遠	無限遠	74.0000	200.1127	200.1127	シリカ
空間			2.0000			
832	無限遠	無限遠	6.0000	148.6188	149.0707	シリカ
空間			14.4638			
ストップ				149.6392		
834	非球面		-14.4638	149.6392		反射
832	無限遠	無限遠	-6.0000	144.8563	141.2737	シリカ
空間			-2.0000			
830	無限遠	無限遠	-74.0000	139.3606	117.3979	シリカ
		偏心的				
830	無限遠	無限遠	-61.0000	117.3979	100.5074	シリカ
空間			-2.0000			
838	無限遠	無限遠	-4.5000	99.6617	98.4157	シリカ
空間			-1.2000			
840	-157.8776CX	2282.2178CX	-13.7501	94.8267	91.8775	シリカ
空間			-1.2000			
842	-94.0039CX	-46.6639CC	-13.4850	82.8663	78.1418	シリカ
空間			-1.2000			
844	-147.2483CX	-77.8924CC	-22.2075	72.7262	50.6555	シリカ
空間			-3.2091			
846	-159.2880CX	-519.4850CC	-13.8321	49.5648	39.0473	シリカ
空間			-0.2000			
848	-129.3683CX	-426.7350CC	-6.1500	37.3816	32.4880	シリカ
空間	画像距離=		-4.0000			
850	画像	無限遠				

ここで、表1の後の式に用いられた非球面ミラー834の定数は、以下のようになる。

$$CURV = -0.00332614$$

$$K = 0.000000$$

$$A = -4.32261E-10$$

$$B = 3.50228E-14$$

$$C = 7.13264E-19$$

D=2.73587E-22

この第4の実施形態は、中心が248.4nmの放射に対して最適化されている。石英ガラスおよび屈折力の大部分をなす1つの屈折材料は、図8に示される実施形態のスペクトル帯域幅を制限する。しかしながら、第4の実施形態は、最初の3つの実施形態と同様に最大開口数0.7ではなくて最大開口数0.63を有するので、第4の実施形態は、スペクトルの半波高全幅値300ピコメートル（または好ましくは、100ピコメートル）にわたって許容され得る結像を提供する。従って、前者では狭くない、後者では狭いエキシマレーザが光源に採用され得る。

【0076】

第4の実施形態は、以下の点で最初の3つの実施形態と異なる。すなわち、第4の実施形態のLG1およびLG2の正味の出力は、最初の3つの実施形態におけるように弱い負ではなくて弱い正である。さらに、このことは、LG1とLG2とを合わせた全体の集光力は、正または負の何れかであり得、やはり無限遠にて入射瞳を凹面ミラー834でまたはその付近で結像することを可能にすることを示す。

【0077】

図9は、本発明の光学縮小システムの第5の実施形態を示す。好ましくは、この実施形態は、開口数0.60を有し、中心が248.4ナノメートルにおいて300ピコメートルのスペクトル帯域幅で動作する。この光学縮小システムは、図9の長共役端部から、照明システム内の可変波長板905、物体またはレチクル面110、第1のレンズ群LG1、折りたたみ式ミラー920、第2のレンズ群LG2、ビームスプリッター立方930、第1の1/4波長板932、凹面ミラー934、第2の1/4波長板938および第3のレンズ群LG3を含む。画像は、画像またはウェハ面180に形成される。

【0078】

第1のレンズ群LG1は、シェル912、正レンズ914と負レンズ916とを含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび正レンズ918を含む。第2のレンズ群LG2は、正レンズ922、負レンズ924と正レンズ926とを含

む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび負レンズ928を含む。第3のレンズ群LG3は、2つの正レンズ940と942、シェル944および2つの正レンズ946と948を含む。ここでもやはり、図5に示される実施形態と同様に、図9の折りたたみ式ミラー920は、本発明の動作に必須ではないものの、物体および画像面を互いに平行にすることができる。このことは、フォトリソグラフィを用いて半導体デバイスを製造するのに都合がよい。

【0079】

図9に示す第5の実施形態の構成データを以下の表5に示す。

【0080】

【表10】

表 5

エリツ	曲率半径 (mm)		厚さ	ポイント直径 (mm)		
番号	前	後	(mm)	前	後	ガラス
905	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			1.1880			
910	無限遠		62.7514			
空間			1.1880			
912	-136.1134 CC	-152.5295 CX	16.8300	120.7552	129.4354	シリカ
空間			4.5206			
914	-270.1396 CC	-191.8742 CX	20.3341	132.9152	139.0377	シリカ
空間			90.8476			
916	-188.9000 CC	-284.7476 CX	17.5000	156.1938	165.6567	シリカ
空間			2.9700			
918	433.8174 CX	-841.5599 CX	25.8293	173.8279	174.8334	シリカ
空間			149.4549			
		偏心(1)				
920	無限遠		-61.0000	177.2183		反射
922	-190.3251 CX	-3413.4836 CC	-34.4584	178.5071	174.2260	シリカ
空間			-51.5487			
924	650.5706 CC	-446.4997 CC	-11.8800	150.4109	141.8021	シリカ
空間			-10.6267			
526	-265.9634 CX	1773.5114 CX	-24.1851	142.1851	141.2400	シリカ
空間			-1.5000			
928	-244.9899 CX	-142.8558 CC	-11.8800	139.3290	133.8967	シリカ
空間			-21.6411			
930	無限遠	無限遠	-71.2800	134.3115	189.7826	シリカ
		偏心(4)				

(表5のつぎ)

936	無限遠			189.7826		反射
930	無限遠	無限遠	71.2800	189.7826	189.7826	シリカ
空間			1.9800			
932	無限遠	無限遠	5.9400	142.3429	142.6707	シリカ
空間			18.5263			
ストップ				143.5034		
934	非球面		-18.5263	143.5034		反射
932	無限遠	無限遠	-5.9400	134.2788	130.9398	シリカ
空間			-1.9800			
930	無限遠	無限遠	-71.2800	130.1221	111.7247	シリカ
		偏心(B)				
930	無限遠	無限遠	-60.4000	111.7247	96.1353	シリカ
空間			-1.9800			
938	無限遠	無限遠	-4.4550	95.3562	94.2064	シリカ
空間			-1.1880			
940	-127.4361 CX	-1391.8019 CC	-13.0104	90.4737	87.7002	シリカ
空間			-1.1880			
942	-91.8793 CX	-424.1302 CC	-12.2874	80.7016	76.3270	シリカ
空間			-1.1880			
944	-132.0104 CX	-70.9574 CC	-17.8706	71.0789	53.4306	シリカ
空間			-3.1246			
946	-123.1071 CX	-585.4471 CC	-19.9496	52.6417	38.2256	シリカ
空間			-0.1980			
948	-137.8349 CX	-292.6179 CX	-6.0885	36.7251	31.8484	シリカ
空間	画像距離 =		-4.0000			
950	画像	無限遠		26.5000		

ここで、表1の後の式に用いられた非球面ミラー934の定数は、以下のようになる。

$$CURV = -0.00325995$$

$$K = 0.000000$$

$$A = -6.91799E-10$$

$$B = 5.26952E-15$$

$$C = 6.10046E-19$$

$$D = 1.59429E-22$$

この第5の実施形態は、中心が248.4nmの放射に対して最適化されている。石英ガラスおよび屈折力の大部分をなす1つの屈折材料は、図9に示される実施形態のスペクトル帯域幅を制限する。しかしながら、第5の実施形態は、最初の3つの実施形態と同様に最大開口数0.7ではなくて最大開口数0.6を有するので、第5の実施形態は、スペクトルの半波高全幅値300ピコメートルにわたって許容され得る結像を提供する。従って、狭くないエキシマレーザが光源に採用され得る。第5の実施形態は、以下の点で最初の3つの実施形態と異なる。すなわち、第5の実施形態のLG1およびLG2の正味の出力は、最初の3つの実施形態におけるように弱い負ではなくて弱い正である。さらに、このことは、LG1とLG2とを合わせた全体の集光力は、正または負の何れかであり得、やはり無限遠にて入射瞳を凹面ミラー934でまたはその付近で結像することを可能にすることを示す。

【0081】

(結論)

本発明の特定の実施形態を上述してきたが、これらは単なる例示として示されたものであって、制限するものではないことを理解されたい。当業者であれば、上掲の特許請求の範囲に規定される本発明の意図および範囲を逸脱することなく、本明細書中において形態および細部における種々の変更を為し得ることを理解する。従って、本発明の広さおよび範囲は、上述の例示的な実施形態のいずれによっても制限されるのではなく、上掲の特許請求の範囲およびその均等物によってものみ規定されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、従来の光学投射システムの模式図である。

【図2A】

図2Aは、レチクルの複屈折特性を示す図である。

【図 2 B】

図 2 B は、ベレーク補償器の特性を示す図である。

【図 2 C】

図 2 C は、ソレイユーバビネ補償器の特性を示す図である。

【図 3】

図 3 は、ベレーク補償器を用いた本発明のある実施形態の模式図である。

【図 4】

図 4 は、ソレイユーバビネ補償器を用いた本発明のある実施形態の模式図である。

【図 5】

図 5 は、単屈折材料を用いた本発明のさらなる実施形態の模式図である。

【図 6】

図 6 は、2つの異なる屈折材料を用いた本発明の別の実施形態である。

【図 7】

図 7 は、2つより多くの異なる屈折材料を用いた本発明の別の実施形態である。

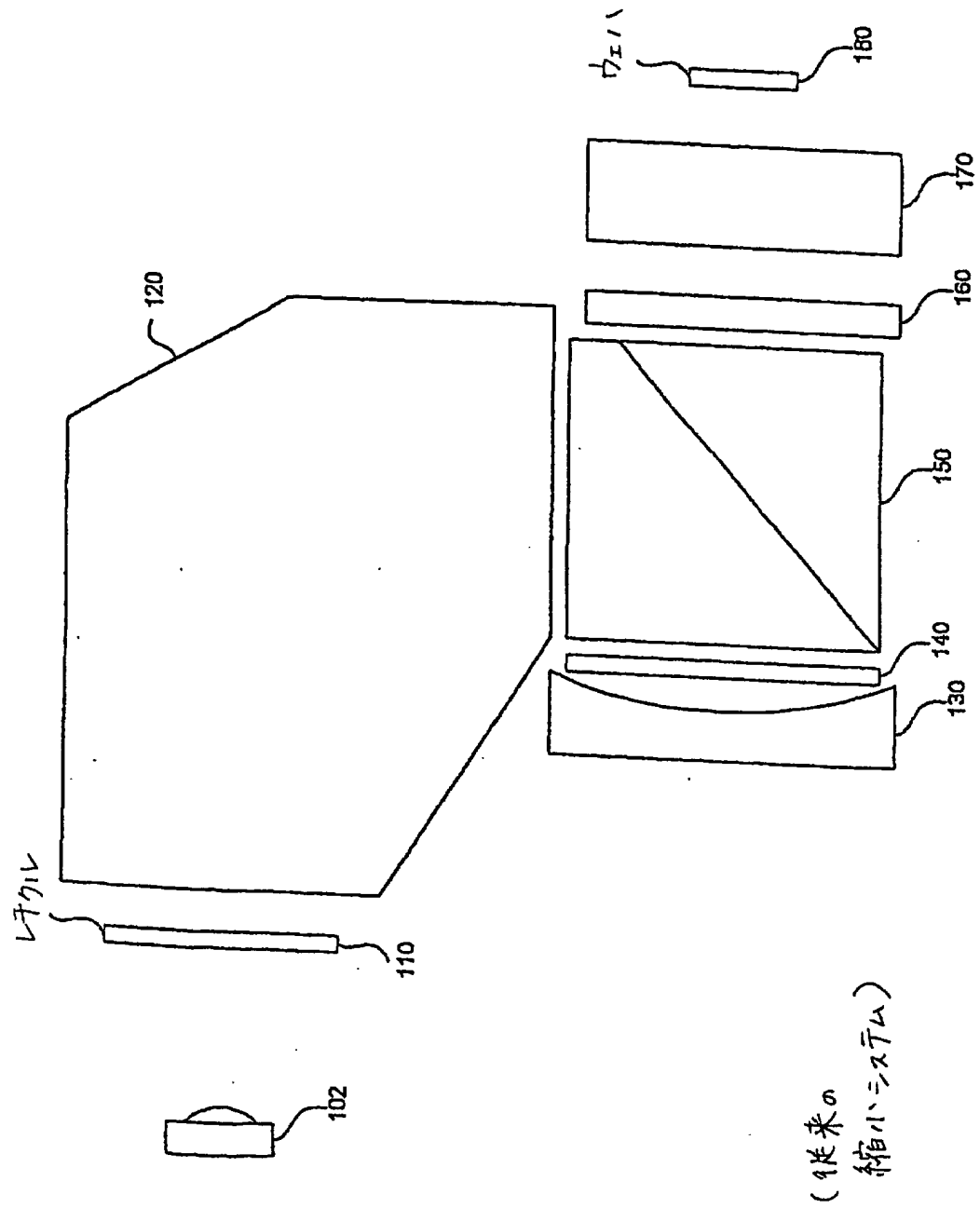
【図 8】

図 8 は、本発明の別の実施形態である。

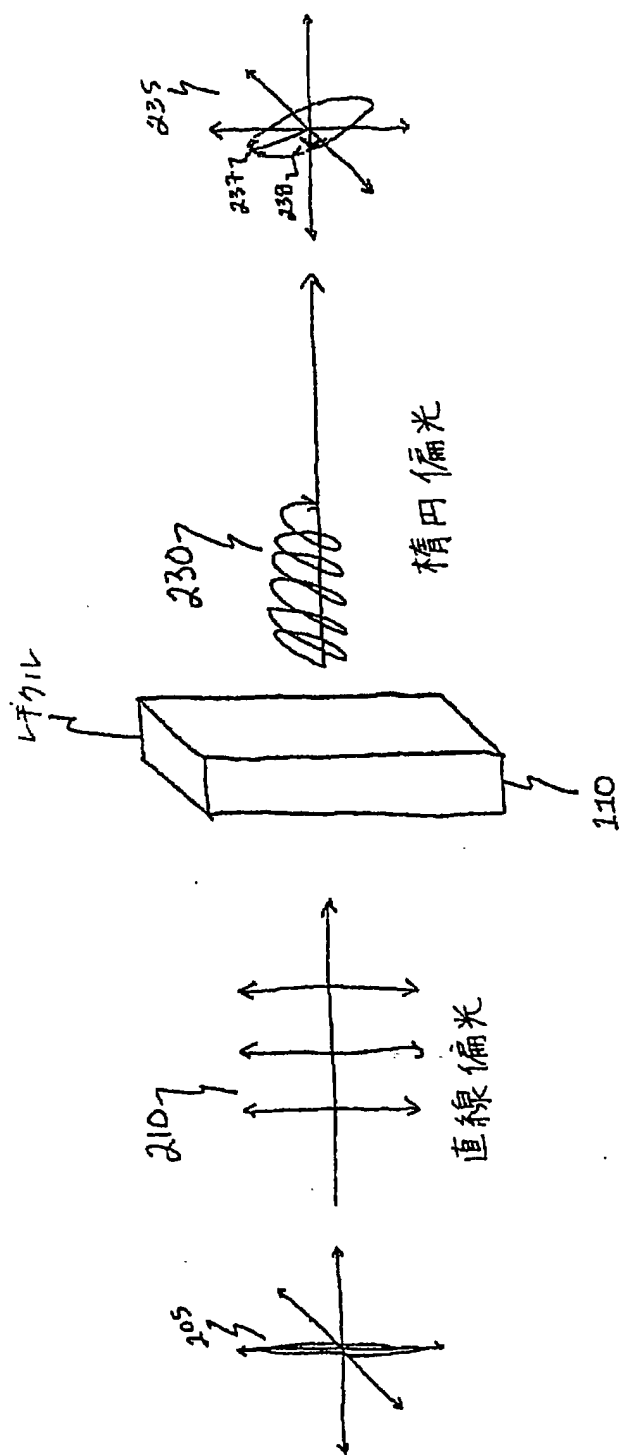
【図 9】

図 9 は、本発明のさらに別の実施形態である。

【図1】

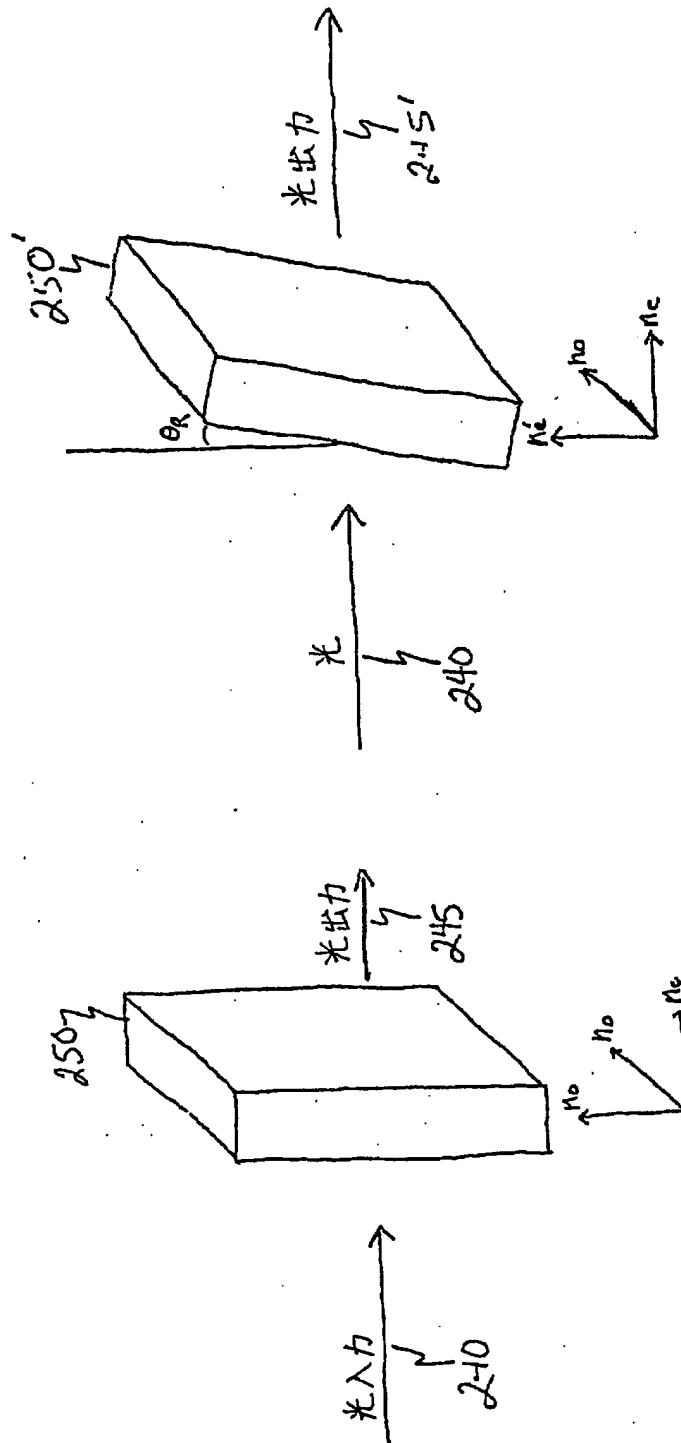


【図2A】



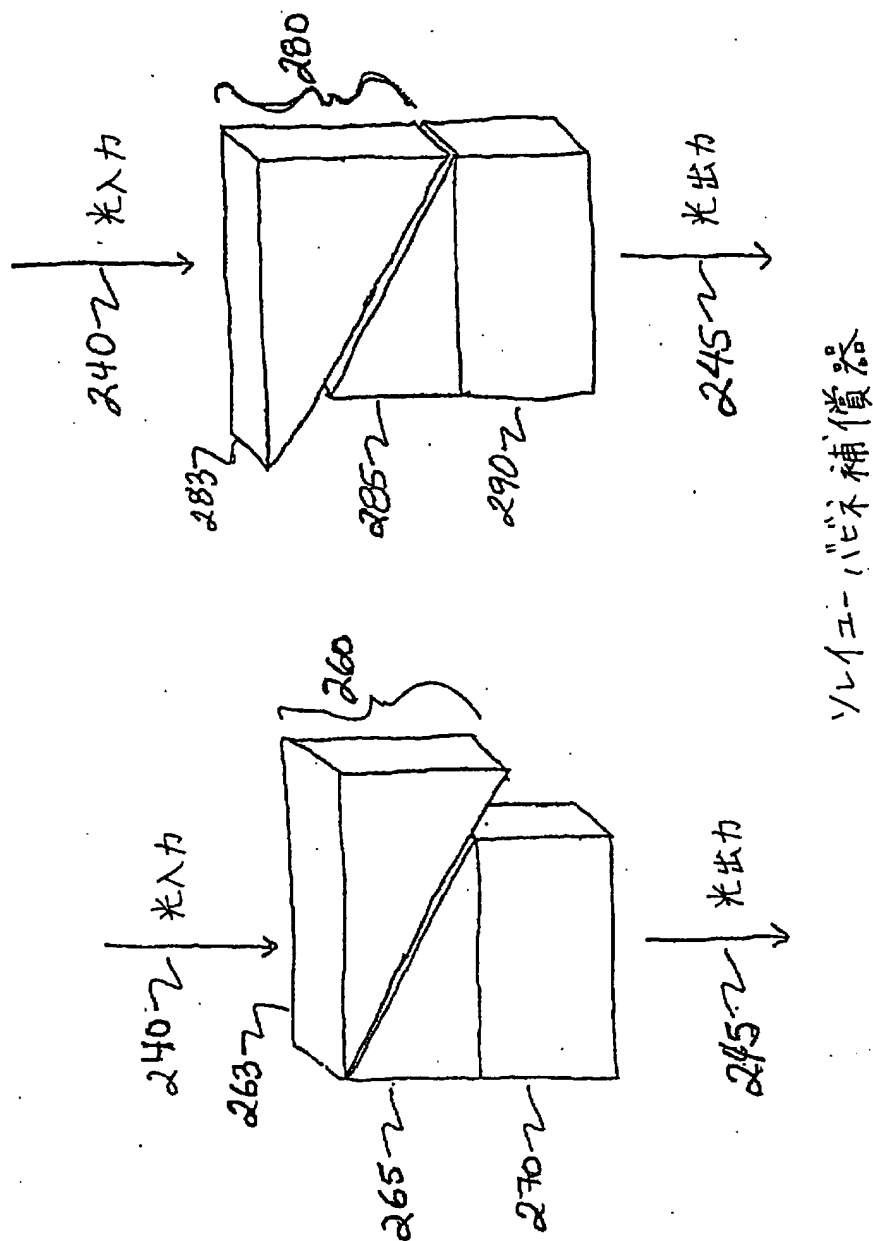
レチクル複屈折

【図2B】

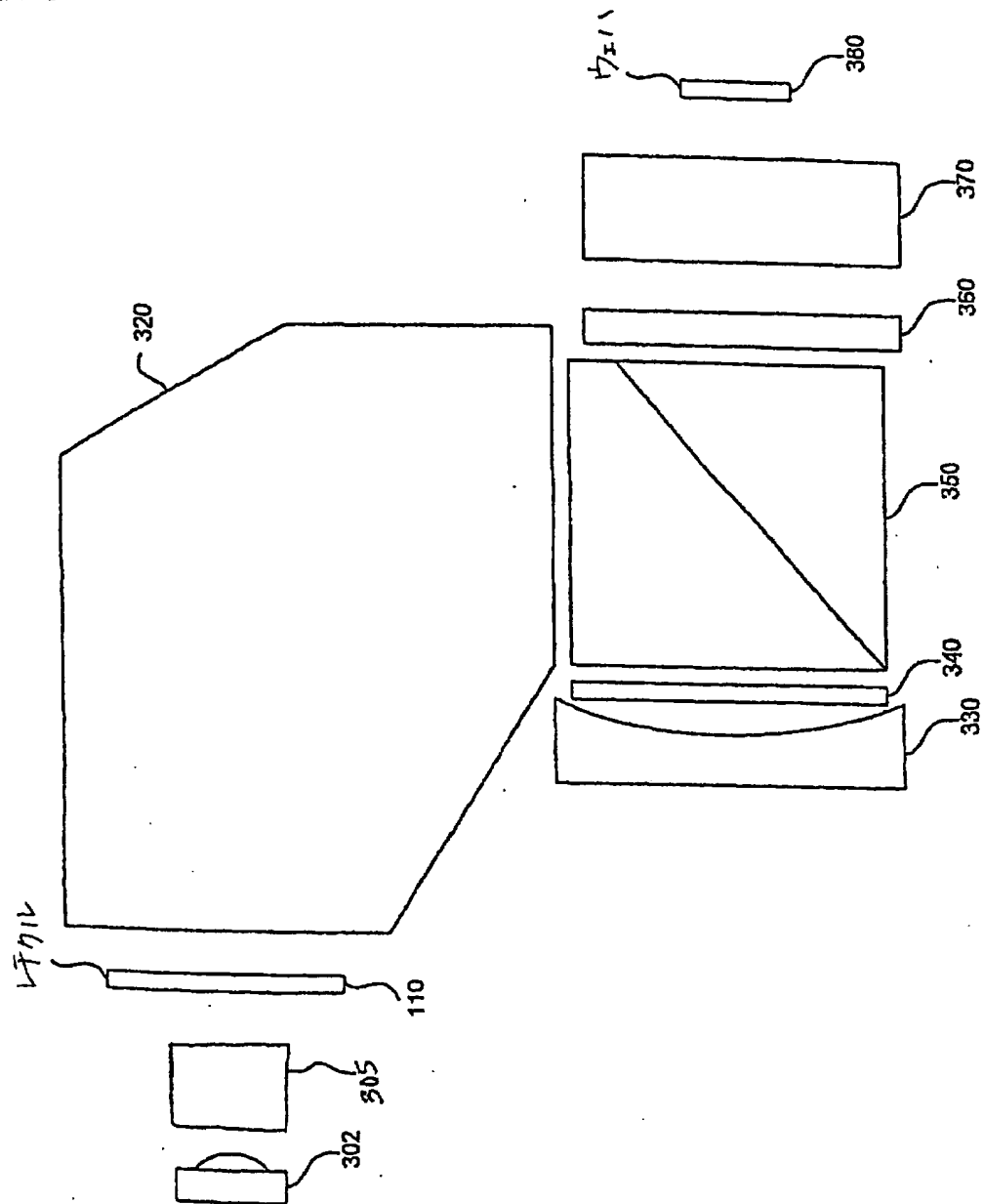


ベレークの補償器

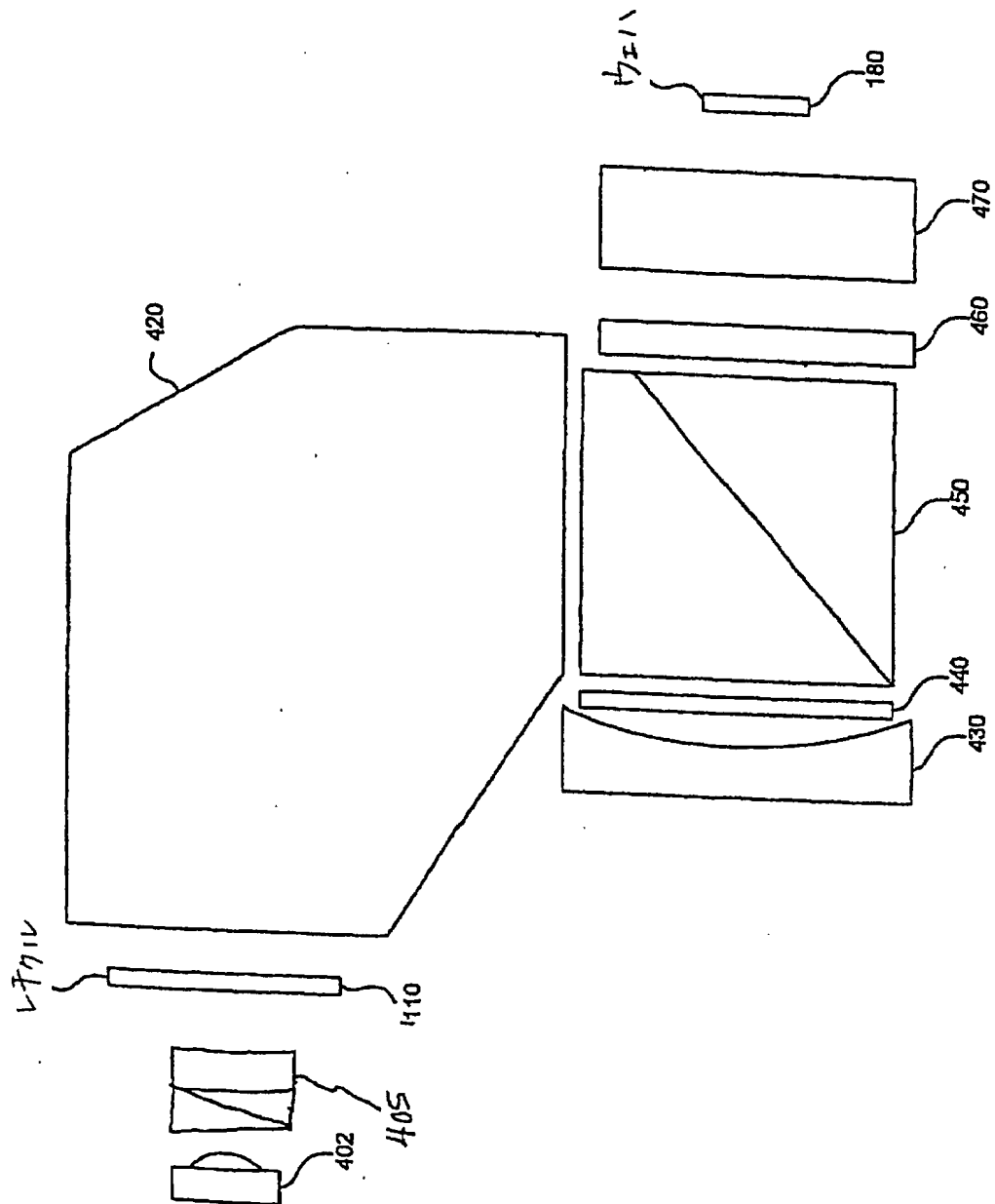
【図2C】



【図3】



【図4】



【図5】

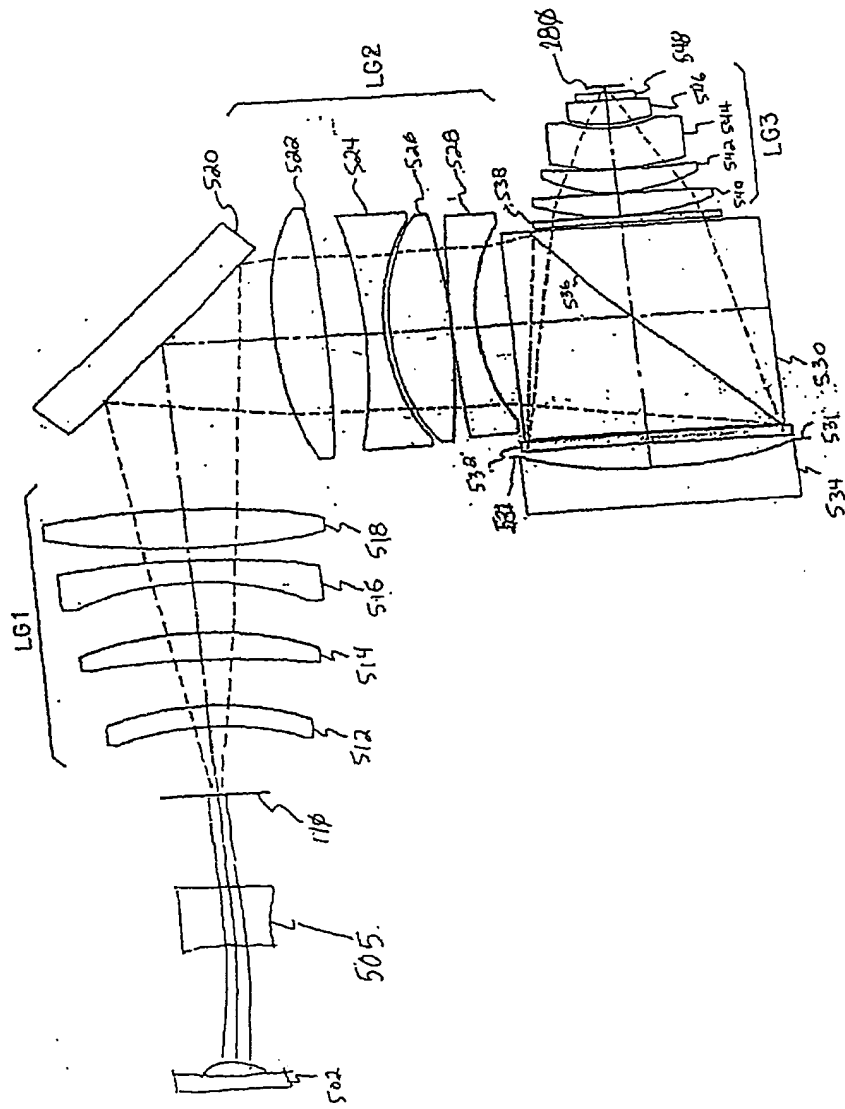


Fig.5

【図6】

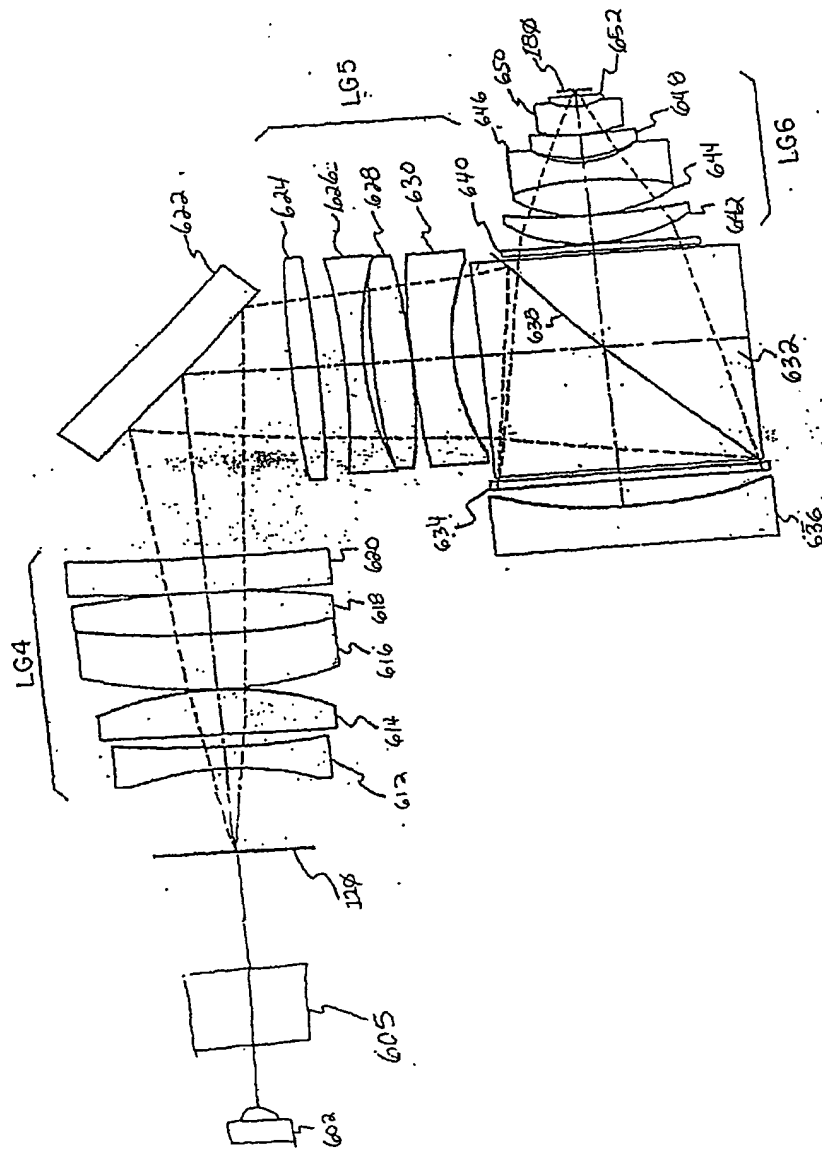
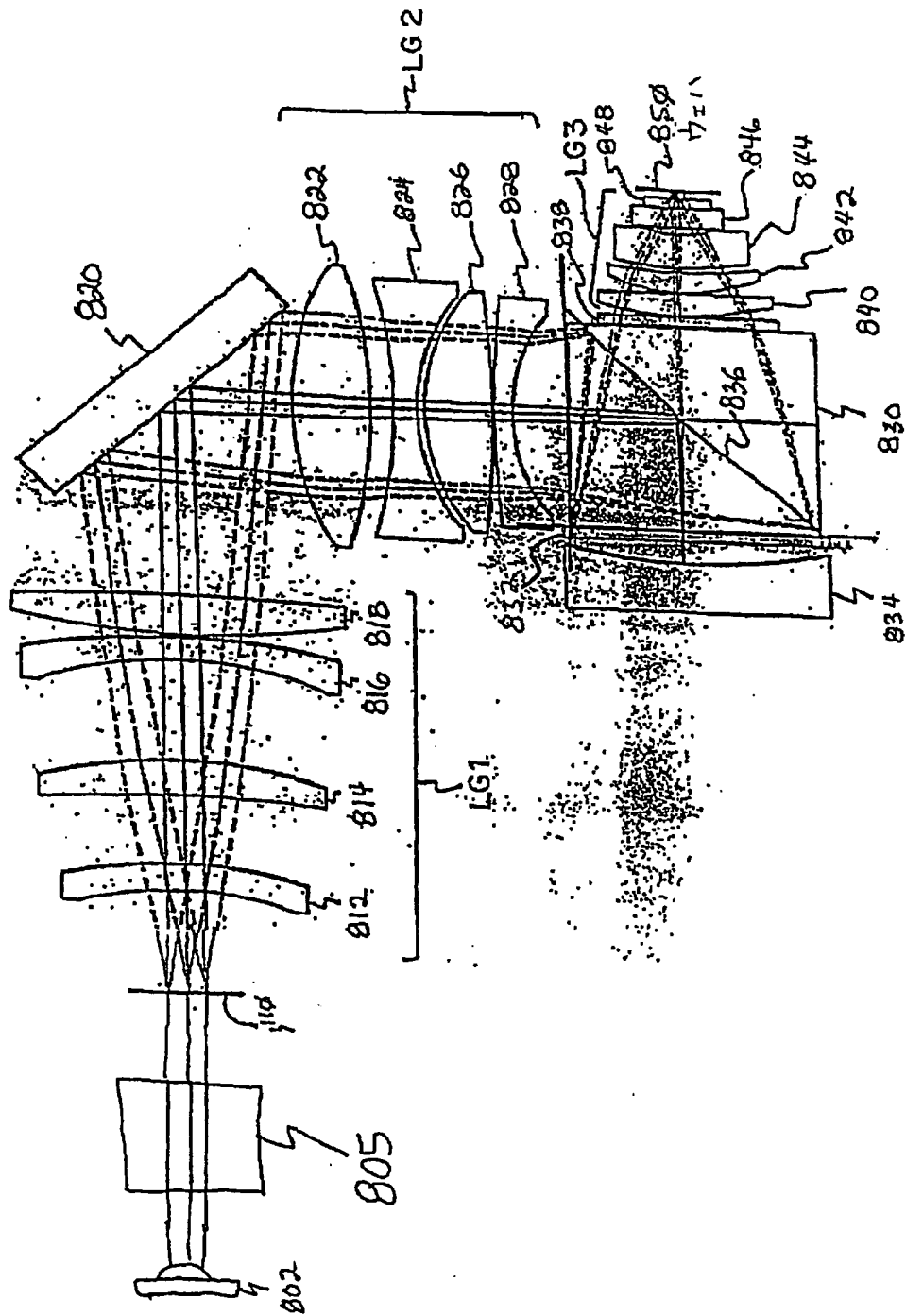
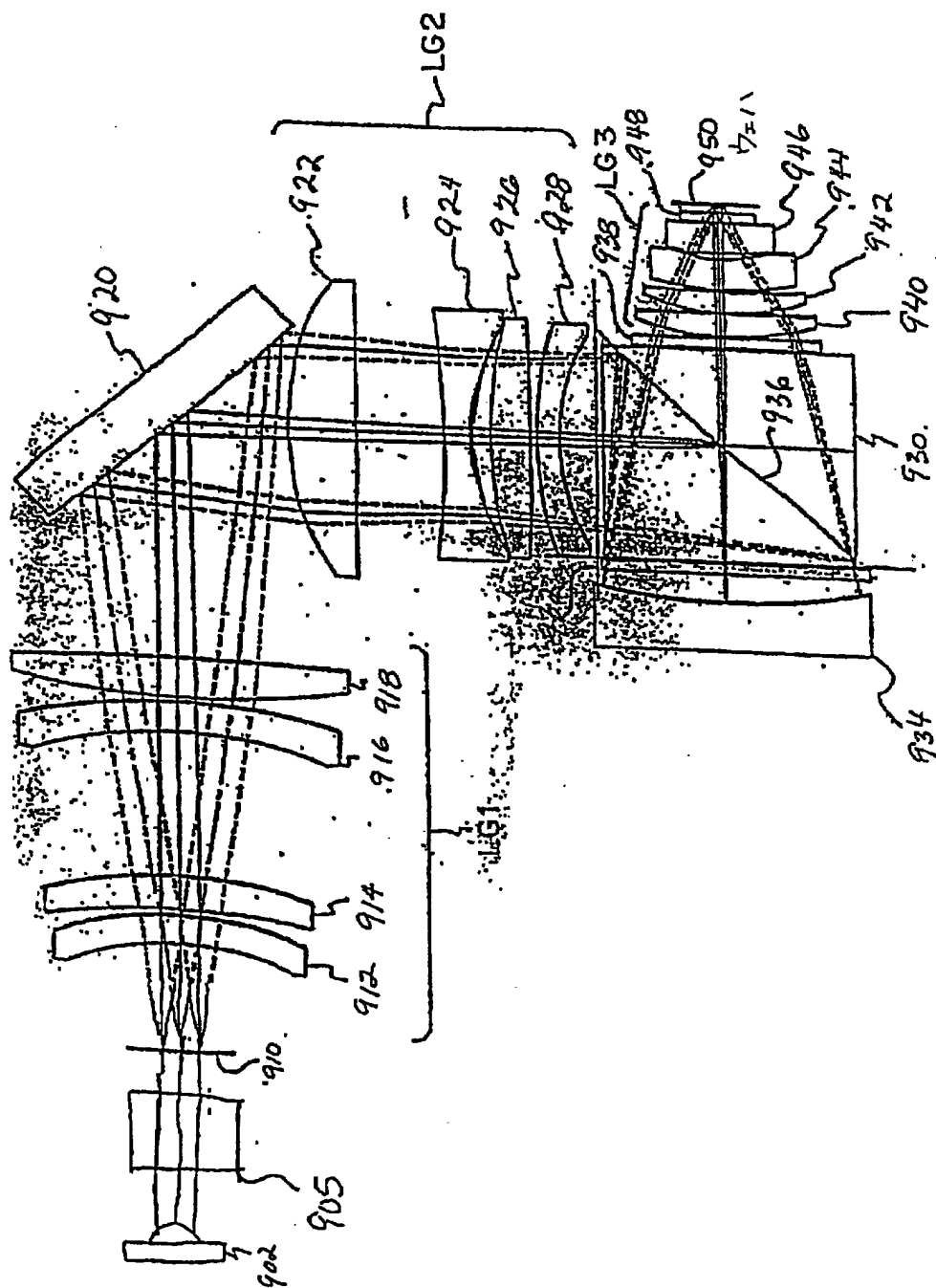


Fig. 6

【図8】



【图9】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inventor's Application No. PCT/US 01/13142		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G02B27/28 G02B17/08 G03F7/20		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G02B G03F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 715 084 A (MURAKI MASATO ET AL) 3 February 1998 (1998-02-03) column 4, line 45 - line 67	1
Y		3, 8, 11, 15, 19, 26
A	column 5, line 1-12; figure 1	2, 4-7, 9, 10, 12-14, 16-18, 20, 21, 23-25, 27
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: 'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance 'E' earlier document but published on or after the international filing date 'L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) 'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means 'P' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed 'T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention 'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone 'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art 'Z' document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 19 June 2002		Date of mailing of the international search report 26/06/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5618 Patentlaan 2 NL - 2200 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3918		Authorized officer Ward, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Initial Application No

PCT/US 01/13142

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 537 260 A (WILLIAMSON DAVID M) 16 July 1996 (1996-07-16) cited in the application	26, 27
Y	column 3, line 7 - line 21	3, 8, 11, 15, 19, 26
A	column 4, line 20 - line 32	1, 2, 4-7, 9, 10, 12-14, 16-18, 20, 21, 23-25
	figures 1-5; tables 1-5	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 05, 31 May 1999 (1999-05-31) -& JP 11 054411 A (CANON INC), 26 February 1999 (1999-02-26) abstract; figures	1-27
A	EP 0 937 999 A (ZEISS CARL ; ZEISS STIFTUNG (DE)) 25 August 1999 (1999-08-25) abstract; figures	1-27
A	US 4 953 960 A (WILLIAMSON DAVID M) 4 September 1990 (1990-09-04) cited in the application abstract; figures	1-27

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 01/13142

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5715084	A	03-02-1998	JP 2698521 B2	19-01-1998
			JP 6181163 A	28-06-1994
			DE 69321814 D1	03-12-1998
			DE 69321814 T2	22-04-1999
			EP 0602923 A1	22-06-1994
			KR 137348 B1	29-04-1998
			US 2001022687 A1	20-09-2001
			US 6229647 B1	08-05-2001
US 5537260	A	16-07-1996	CA 2112828 A1	27-07-1994
			EP 0608572 A2	03-08-1994
			JP 6300973 A	28-10-1994
JP 11054411	A	26-02-1999	NONE	
EP 0937999	A	25-08-1999	DE 19807120 A1	26-08-1999
			EP 0937999 A1	25-08-1999
			JP 11271680 A	08-10-1999
			TW 403842 B	01-09-2000
			US 6252712 B1	26-06-2001
US 4953960	A	04-09-1990	CA 1320375 A1	20-07-1993
			DE 68927423 D1	12-12-1996
			DE 68927423 T2	06-03-1997
			EP 0350955 A2	17-01-1990
			JP 2066510 A	06-03-1990
			JP 7117648 B	18-12-1995

フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ド (参考)

G 0 3 F 7/22

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW

Fターム(参考) 2H049 BA07 BA42 BB03 BB05 BC25
 2H087 KA21 NA02 NA04 RA43 TA01
 TA03 TA04 TA06 UA03 UA04
 5F046 BA05 CA04 CB13 CB17 CB23